Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Actes du Symposium sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques

tenu les 25 et 26 mai 1982 à Edmonton (Alberta)

Canada

Analyse économique et technique
Rapport SPE 3-WP-82-6F

Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux
Décembre 1982

LES RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports d'analyse économique et technique font le point sur l'état des connaissances, présentent des études bibliographiques et des inventaires industriels et comportent des recommandations afférentes, dans la mesure où celles-ci n'impliquent aucune recherche expérimentale. La préparation des rapports peut être confiée soit au personnel du Service de la protection de l'environnement, soit à des entreprises ou organismes dont il sollicite les services.

Le Service publie nombre d'autres rapports dans les collections suivantes : Règlements, codes et méthodes d'analyse, Politique et planification, Développement des techniques, Surveillance, Exposés et mémoires soumis à des enquêtes publiques, Évaluation des incidences sur l'environnement et Guides de formation.

Pour tout renseignement, prière de s'adresser au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Hull (Québec), Canada, K1A 1C8.

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Economic and Technical Review Reports relate to state-of-the-art reviews, library surveys, industrial inventories, and their associated recommendations where no experimental work is involved. These reports will either be undertaken by an outside agency or by the staff of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such group as : Regulations, Codes and Protocols; Policy and Planning; Technology Development; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Hull, Québec, Canada, K1A 1C8.

ACTES DU TROISIÈME SYMPOSIUM SUR L'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS DANS LES RÉGIONS NORDIQUES

tenu
les 25 et 26 mai 1982
à Edmonton (Alberta)

Parrainage

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement
Direction générale de la pollution des eaux
Sous-section de la technologie nordique

Université de l'Alberta
Département du génie civil

et

Division de l'environnement municipal
Société canadienne du génie civil

Compilation

Daniel W. Smith (Université de l'Alberta)

Rapport EPS 3-WP-82-6F

AVIS DE RÉVISION

Les textes et renseignements contenus dans le présent rapport sont publiés tels qu'ils ont été présentés par les conférenciers à l'occasion du symposium. Nous n'avons aucunement modifié les documents, sauf dans le cas d'erreurs ou d'anomalies évidentes, ou encore pour faciliter la lecture. Toutes les déclarations et opinions paraissant dans ce rapport sont celles des conférenciers; elles ne sont ni approuvées ni rejetées par le Service de la protection de l'environnement, le Département du génie civil de l'Université de l'Alberta ou la Division de l'environnement municipal de la Société canadienne du génie civil. La mention de marques de commerce ou de produits commercialisés ne constitue ni une approbation ni une recommandation d'emploi.

Note de l'éditeur: Dans le texte courant, on s'est servi de la virgule décimale quel que soit le système d'unités utilisé (britannique ou SI).

Rapport EPS 3-WP-82-6F
Imprimé par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: En 43-3/82-6F
ISBN: 0-662-12313-1

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1983

AVANT-PROPOS

La prestation de services publics dans les régions froides entraîne des coûts d'immobilisation et des frais d'exploitation considérables. Chaque année apporte des problèmes environnementaux et techniques nouveaux et plus difficiles, qu'on résout grâce à des applications novatrices de techniques et de matériaux éprouvés ou nouveaux. Chaque projet amène de nouvelles connaissances sur les limites des techniques et matériaux utilisés.

L'objectif du troisième Symposium international sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques était de continuer d'assurer une tribune pour l'échange d'information sur le développement et le rendement des systèmes de services publics. Le programme technique s'est ouvert par des rapports sur les services d'eau et les installations sanitaires dans plusieurs régions nordiques. De tels résumés permettent de comprendre la situation et, ainsi, de planifier les installations. La deuxième séance a porté sur la planification des systèmes, depuis leur intégration dans la structure sociale existante jusqu'à l'analyse économique des solutions possibles. La réduction de la consommation d'eau par la modification des systèmes, des mesures de conservation et des techniques d'exploitation et d'entretien a été un élément important du colloque. Plusieurs aspects de la dépense totale d'eau et le bien-être général de la population dépendent de la quantité d'eau consommée. Il est clair que cette question continuera d'être au premier plan dans la planification, la conception et l'exploitation des systèmes dans les régions froides.

La santé publique demeure un aspect extrêmement important des conditions de vie dans les régions froides. La quantité d'eau et la qualité de celle-ci, l'élimination des déchets, la convenance des logements et leur aération de même que la prévention des incendies représentent des considérations importantes dont il faut tenir compte dans l'aménagement du Nord. Plusieurs de ces points ont été traités à la quatrième séance de la réunion.

Le chauffage et l'électricité représentent depuis longtemps les principaux éléments du coût de la vie dans le Nord. Ces points ont fait l'objet de quatre présentations au colloque. Il y a encore beaucoup à apprendre sur l'application optimale des techniques d'économie d'énergie dans les régions froides.

Le coût par habitant de la gestion des déchets solides pour la même qualité de service est plus élevé dans les petites collectivités que dans les grandes. Les conditions environnementales dans les régions froides ajoutent aux difficultés liées à ce service. Les concepts de gestion appliqués dans les régions chaudes ont donc été remis en question plusieurs fois au cours des dernières années. Certaines de ces questions ont été présentées à la sixième séance du colloque.

Trois études de cas, deux sur Barrow (Alaska) et une sur l'approvisionnement en eau à Tuktoyaktuk (T.N.-O.) ont donné des renseignements sur la conception et la construction d'installations municipales à grande échelle.

La communication de M. William Ryan au sujet du travail qu'il a dirigé pour l'Organisation mondiale de la santé sur les problèmes d'hygiène environnementale dans les zones arctiques et subarctiques a montré la prédominance de l'Amérique du Nord en matière de systèmes sanitaires dans les régions froides. L'allocution de M. Ryan au dîner ainsi que ses nombreuses années de travail dans le domaine des applications techniques dans l'Arctique ont été grandement appréciées.

Nous tenons à remercier vivement M. J.D. Salloum pour l'aide continue qu'il nous a donnée par l'intermédiaire de la Direction du développement technologique, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux. Nous remercions particulièrement M.M. T. Tilsworth, P.H. Bouthillier, S.E. Hrudey, E. Davis, G.W. Heinke et P. Given pour leur contribution au programme. M. Bryan Armstrong, du Service de la protection de

l'environnement, a considérablement aidé à l'organisation du colloque et son travail est grandement apprécié. Nous remercions aussi M. R. Kowal pour son aide dans les premiers stades de la planification du colloque et Mme C. Blair pour son aide dans l'organisation de l'inscription. Nous remercions enfin Vicky Jones de la Section des publications, Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux, pour la réalisation de ce document.

D.W. Smith

PREFACE

Utilities delivery efforts in cold regions result in significant capital and operating costs. With each year new and more challenging environmental and engineering problems arise. These challenges are being met with innovative applications of well proven, as well as new, materials and techniques. With nearly every project information is developed on the limits of the designs and the materials used.

The objective of the third international Symposium on Utilities Delivery in Cold Regions was to continue to provide a forum for the exchange of information on the development and performance of utilities systems. The technical program was introduced by status reports on water and sanitation facilities in several sectors of the north. Such summaries provide a basis of understanding from which facilities planning can proceed. Systems planning, from the integration with the existing social structure to the economic analysis of alternatives, was introduced in the second session of the meeting. The topic of water use reduction through system modifications, water conservation, and design for operation and maintenance was a major component of the symposium. Several aspects of the total expense of water and the general well being of the population are affected by the quantity of water consumed. It is clear that this issue will remain dominant in cold regions systems planning, design and operation.

The public health aspects of living conditions are extremely important in cold regions. Quantity and quality of water, removal of wastes, adequacy of housing and its ventilation, and the design for prevention of fire, are all major parts of the considerations which must be included in northern development. Several of these topics were addressed in Session 4 of the meeting.

Heating and electrical requirements have for a long time been major cost components of northern living. These issues were the topic of four presentations during the symposium. There is still much to be learned with regard to the optimum application of energy conservation technology in cold regions.

The per capita cost of solid waste management for the same quality of service is higher in small communities than in larger communities. The environmental conditions in cold regions add to the difficulties associated with this service. As a result, application of warm region management concepts has been questioned several times in recent years. Some of these issues were presented in Session 6 of the symposium.

Three case studies, two focussing on Barrow, Alaska, and one focussing on water supply at Tuktoyaktuk, N.W.T., presented information on design and construction of large scale municipal facilities.

Dr. William "Bill" Ryan's discussion of work he spearheaded for the World Health Organization on "Environmental Health Problems in Arctic and Subarctic Areas" indicated the leadership of North America in cold regions sanitation. Dr. Ryan's banquet address and his several years of effort in the field of arctic engineering is gratefully acknowledged.

The continued support of Dr. J.D. Salloum through the Technology Development Branch of the Water Pollution Control Directorate is gratefully acknowledged. Messrs. T. Tilsworth, P.H. Bouthillier, S.E. Hrudey, E. Davis, G.W. Heinke, and P. Given are extended a special thank-you for their assistance with the program. Mr. Bryan Armstrong of the Environmental Protection Service provided a great deal of assistance in the organization of the symposium, and these efforts were much appreciated. Mr. R. Kowal's assistance in the early stages of the planning and Ms. C. Blair's assistance with organizing the registration are also acknowledged. Ms. Vicky Jones of the Publications Section, Water Pollution Control Directorate is acknowledged for her efforts in producing this document.

D.W. Smith

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS III

ÉTAT DES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DES SERVICES SANITAIRES DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST
Vern Christensen (gouvernement des T.N.-O.) 1

ÉTAT DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA - 1982
William L. Ryan, OTT Water Engineers, Anchorage (Alaska) 15

PRESTATION DE SERVICES PUBLICS DANS LE CADRE DU PROGRAMME DES AFFAIRES INDIENNES ET INUITES
J. R. Benner, ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa
S. Lam, ministère des Affaires indiennes et du Nord, région de l'Alberta 21

GROENLAND: EXPÉRIENCES LES PLUS RÉCENTES PORTANT SUR DE PETITS RÉSEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN EAU
K. Rauschenberger, Nielson & Rauschenberger, Danemark 53

LACUNES MAJEURES DE PLANIFICATION DES SERVICES PUBLICS POUR LES PETITES LOCALITÉS SEPTENTRIONALES ÉLOIGNÉES
Diane H. Soroka, Hutchins & Soroka, avocats 62

ANALYSE ÉCONOMIQUE DES POSSIBILITÉS EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE SERVICES SANITAIRES DANS LES RÉGIONS SEPTENTRIONALES DU CANADA
James J. Cameron, ingénieur-conseil 67

CONSERVATION DE L'EAU À BARROW, ALASKA
Michael R. Pollen, Northern Testing Laboratories, Inc., Fairbanks (Alaska)
Daniel W. Smith, Université de l'Alberta, Edmonton (Alberta) 91

ÉVALUATION DE LA BAISSE DE CONSOMMATION D'EAU ET DES ÉCONOMIES RÉALISABLES GRÂCE À L'INSTALLATION DE COMPTEURS D'EAU À INUVIK (T.N.-O.)
Norman C. Gridley, Associated Engineering Services Ltd., Edmonton (Alberta) 98

CONSERVATION DE L'EAU DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST: PROGRAMME D'INFORMATION ET DE SENSIBILISATION DU PUBLIC
Brian Armstrong, Service de la protection de l'environnement (Environnement Canada) et Bob Milburn, Section eau et hygiène, département de l'Administration locale (gouvernement des Territoires du Nord-Ouest) 113

ACCEPTATION DE L'EAU TRAITÉE PAR LES COLLECTIVITÉS NORDIQUES
Michael J. Sims, Planification urbaine et aménagement des terres, département de l'Administration locale, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O. 126

EXAMEN DES DIVERSES MÉTHODES DE CONTRÔLE DE PURGE
Allan Yee et Daniel W. Smith, Département du génie civil, Université de l'Alberta, Edmonton (Alberta) 136

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'EXPLOITATION ET À L'ENTRETIEN LORS DE LA CONCEPTION DE RÉSEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LES AGGLOMÉRATIONS ARCTIQUES
Michael W. Mauser, Alaska Area Native Health Service, Anchorage (Alaska) 160

ATELIER DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ SUR LES PROBLÈMES D'HYGIÈNE DU MILIEU DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET SUBARCTIQUES
William L. Ryan, OTT Water Engineers, Anchorage (Alaska) 178

INCIDENCE DES CONDITIONS DE LOGEMENT ET D'HYGIÈNE PUBLIQUE SUR LES MALADIES CONTAGIEUSES DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST
J.D. Martin, ministère de la Santé et du Bien-être social, Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest 181

L'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS CONTRIBUE À RÉDUIRE LE COÛT DES SOINS DE SANTÉ
Hamish C.R. Gavin, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada 192

PRÉVENTION DES INCENDIES DANS LES AGGLOMÉRATIONS SEPTENTRIONALES
G.W. Heinke et E.J. Bowering, Département du génie civil de l'Université de Toronto, V. Christensen, Chef de la Section eau et hygiène du département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest et L. Hipperson, Commissaire des incendies, gouvernement du Yukon 202

PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE ET SERVICES PUBLICS AU GROENLAND
Gunnar P. Rosendahl, Greenland Technical Organization (GTO) 217

CHAUFFAGE DES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES AMÉNAGÉES DANS DES ENCEINTES À L'AIDE DE POMPES À CHALEUR
C. James Martel et Gary Phetteplace, US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, USA 229

AVANTAGES DE L'UTILISATION DE LA CHALEUR PERDUE PAR SYSTÈME À CYCLE ORGANIQUE DE RANKINE
J. Tackes, L. Fisher et G. Rooney, International Engineering Company, Inc., Robert W. Retherford Associates Division, Anchorage, Alaska 247

PERTES DE CHALEUR DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE CENTRAL DE FORT WAINWRIGHT
Gary E. Phetteplace, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, N.H. 271

GESTION DES DÉCHETS SOLIDES DANS LES AGGLOMÉRATIONS ÉLOIGNÉES DE L'ALASKA
Timothy Tilsworth, Département du génie civil, Université de l'Alaska, Fairbanks, Alaska 290

GESTION DES DÉCHETS SOLIDES DANS LES RÉGIONS FROIDES: POTENTIEL DE RÉCUPÉRATION DES MATÉRIAUX RECYCLABLES
Robert E. Miller et Oscar E. Dickason, Département du génie civil, Université de l'Alaska, Anchorage, Alaska 303

INSTALLATIONS SOUTERRAINES DES SERVICES PUBLICS DE BARROW, ALASKA
John L. Cerutti et Winston L. Zirjacks, Frank Moolin and Associates, Anchorage (Alaska), C.T. Hwang, EBA Engineering Consultants, Edmonton (Alberta) et Donald E. Bruggers, Harding Lawson Associates, Anchorage (Alaska) 314

CONCEPTION DE STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT À BARROW (ALASKA)
W.A. Robertson et R.W. Martin, Frank Moolin & Associates, Anchorage (Alaska) 337

ÉTUDE DE CAS - RÉSERVOIR D'EAU POTABLE À TUKTOYAKTUK (T.N.-O.)
Bob Milburn, Scott Brown et Al Shevkenek, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife (T.N.-O.), Paul Erikson, Arctic Laboratories Ltd., Inuvik (T.N.-O.), Des Clark, EPEC Consulting Western Ltd., Whitehorse, Yukon, Niels Jacobsen, Civil Engineering Consultant, Victoria (C.-B.), Bruce Smith, Thurber Consultants Ltd., Calgary, Alberta 353

ÉTAT DES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DES SERVICES SANITAIRES DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Vern Christensen, ingénieur
Chef de la Section eau et hygiène, Division des affaires municipales
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les Territoires du Nord-Ouest déploient beaucoup d'efforts pour améliorer leurs services d'eau et d'hygiène. Bien qu'il reste beaucoup à faire, des progrès considérables ont été réalisés par rapport à la situation qui prévalait il y a dix ou même seulement cinq ans.

GÉNÉRALITÉS

Les collectivités des Territoires du Nord-Ouest se répartissent en deux classes: celles qui sont dotées d'une assiette fiscale et celles où l'assiette fiscale est inexistante. Les collectivités dotées d'une assiette fiscale regroupent celles qui ont un statut municipal de cité, de ville ou de village; elles sont en général économiquement viables. Il n'existe que deux collectivités à statut municipal inférieur pouvant être considérées comme dotées d'une assiette fiscale: le hameau de Norman Wells et la collectivité non organisée de Nanisivik.

Toutes les autres collectivités des T.N.-O. reposent sur une base économique très limitée et dépendent étroitement de l'aide gouvernementale pour l'exploitation des services municipaux; de nombreuses activités de développement économique largement subventionnées sont nécessaires pour procurer de l'emploi aux résidents. Les membres des collectivités sans assiette fiscale sont souvent Dénés ou Inuit et se situent à un niveau intermédiaire entre, d'une part, une économie traditionnelle de subsistance accompagnant un mode de vie nomade et, d'autre part, une économie moderne de travail à structures et institutions permanentes. Les tableaux 1 et 2 fournissent quelques données fondamentales.

TABLEAU 1 POPULATION TOTALE DE T.N.-O. (1)

Année de recensement	Nombre d'habitants
1911	6 507
1931	9 316
1951	16 004
1961	22 998
1971	34 804
1979	45 336

TABLEAU 2 RÉPARTITION DE LA POPULATION SELON LE STATUT MUNICIPAL

Statut municipal	Nombre d'agglomérations (2)	Nombre d'habitants	Pourcentage de la population totale
Cités	1	9 918	22
Villes	5	12 572	28
Villages	1	1 001	2
Hameaux	26	15 126	33
Établissements de population	18	5 453	12
Localités non organisées	11	1 266	3
	62	45 336	100 %

Dans le passé, les collectivités dotées d'une assiette fiscale viable ont toujours eu une infrastructure satisfaisante en matière d'eau et d'hygiène. Par suite du relèvement des normes en vigueur, ces collectivités ont dû porter un fardeau accru sur le plan financier, mais elles ont pu profiter d'installations sanitaires appropriées, si l'on excepte quelques lacunes périodiques mineures. Les améliorations apportées à l'infrastructure visaient surtout à continuer de répondre aux besoins d'une population grandissante.

Par ailleurs, il faut remarquer que les collectivités sans assiette fiscale ont reçu peu d'aide financière de sources extérieures. En raison de services d'eau et d'hygiène très rudimentaires et souvent inefficaces dans ces agglomérations, les maladies liées à l'insalubrité étaient courantes et impossibles à enrayer (4).

C'est seulement en 1960 que le gouvernement fédéral a reconnu que l'élément essentiel d'un développement économique et social positif est une population en parfaite santé. Dès lors on a cherché sérieusement à améliorer le sort des collectivités sans assiette fiscale. Cette prise de conscience a donné naissance au programme et à la politique sur l'eau et l'hygiène actuellement mis en oeuvre par le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. On a prévu l'octroi de l'aide financière et administrative nécessaire à la construction des installations d'approvisionnement en eau et de services sanitaires, si essentielles pour les collectivités, avec ou sans assiette fiscale. La politique de 1960 prévoyait en outre l'octroi de subventions à l'exploitation de ces installations, pour s'assurer que les résidents puissent profiter de ces services lorsqu'ils seraient en place.

NIVEAU ACCEPTABLE DES SERVICES

Il est possible de définir ce que sont des services acceptables à partir des lois et politiques territoriales et fédérales existantes. En général, toutefois, on peut affirmer que le niveau des services publics est satisfaisant si la santé publique est sauvegardée et si les activités liées à l'approvisionnement en eau et à l'élimination des eaux usées n'ont pas d'effets nuisibles marqués sur l'environnement. Ces concepts d'une population saine et d'incidences nuisibles sur le milieu sont souvent liés à des jugements de valeur et deviennent des questions très controversées. Toutefois, dans les faits, les niveaux acceptables de service sont bien définis et laissent relativement peu de place à l'interprétation ou au jugement arbitraire.

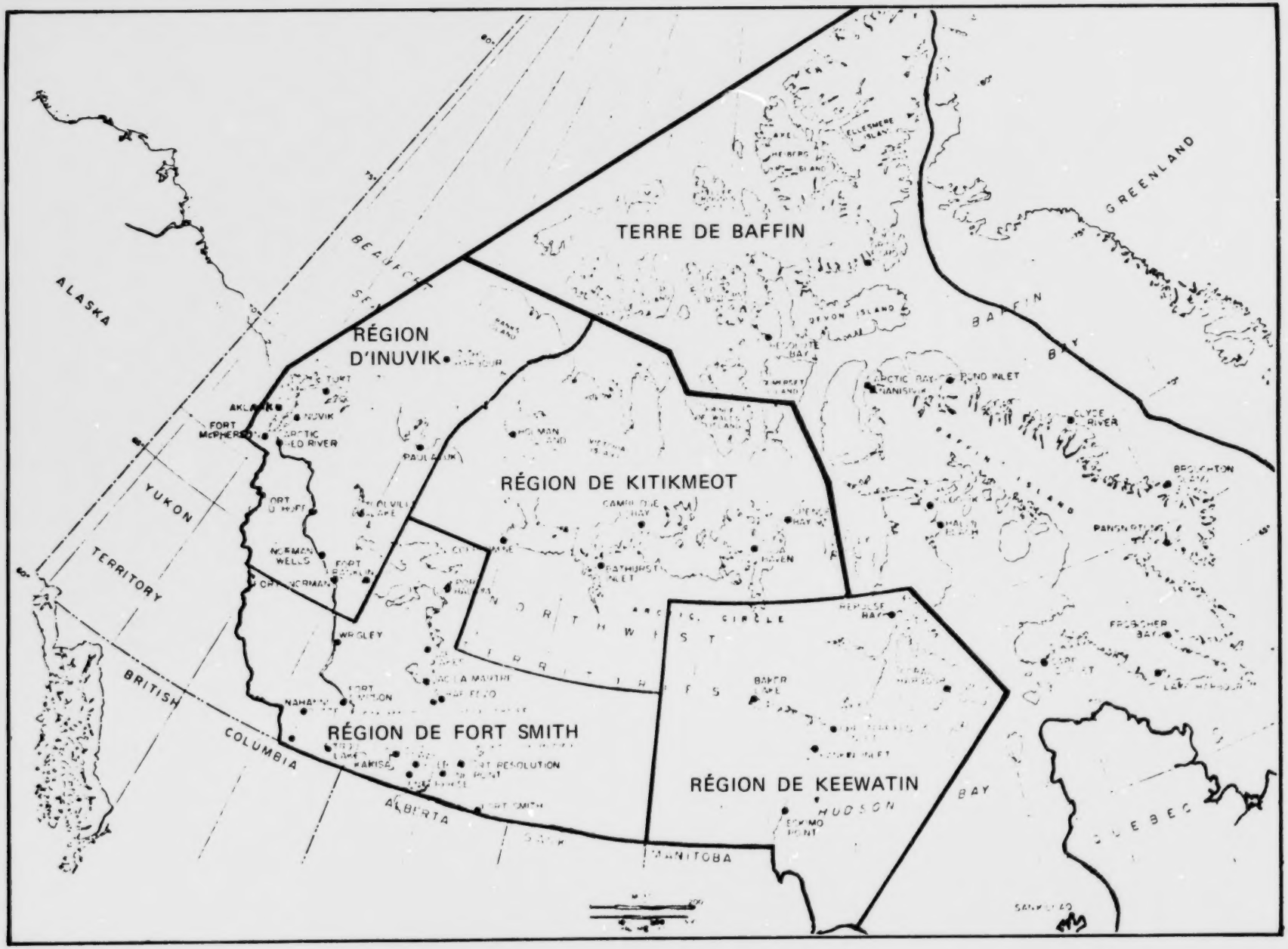


FIGURE 1 RÉGIONS ADMINISTRATIVES DES T.N.-O.

Il existe deux outils législatifs principaux dans les Territoires du Nord-Ouest: l'Ordonnance sur la protection de l'environnement des T.N.-O., la Loi sur les pêcheries, la Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques et la Loi sur l'immersion de déchets en mer, ont une importance accessoire, mais leur mise en application n'ajoute pas grand-chose à notre définition du niveau acceptable des services.

L'Ordonnance sur la santé publique est une mesure territoriale (adoptée en 1957). Toutefois, bon nombre de règlements prévus en application de l'Ordonnance, y compris ceux se rapportant aux services d'approvisionnement en eau et d'hygiène, relèvent du ministère fédéral de la Santé et du Bien-être social. Les règlements se rapportant à ces services sont les suivants: le Règlement général sur l'hygiène publique, le Règlement sur l'approvisionnement en eau du public et le Règlement sur les réseaux publics d'égouts. Aucun règlement ne traite spécifiquement de la gestion des déchets solides, bien que cet aspect soit en partie visé par le Règlement général sur l'hygiène publique. L'Ordonnance prévoit la promulgation de règlements plus globaux.

Les règlements afférents à l'Ordonnance sur la santé publique établissent les exigences de la planification, de la conception et de l'exploitation de toutes les installations d'eau et d'hygiène nécessaires au maintien de la santé publique. L'effort des gouvernements vise essentiellement à établir une norme en matière d'hygiène publique comparable à celle qui existe ailleurs au Canada.

La Loi sur les eaux intérieures du Nord est fédérale et relève du ministère des Affaires indiennes et du Nord par l'intermédiaire d'un conseil dont les membres appartiennent aux différents groupes représentatifs des Territoires du Nord-Ouest, à savoir les gouvernements fédéral, territorial ou municipaux, l'industrie, et les organisations autochtones et non autochtones.

La Loi sur les eaux intérieures du Nord (LEIN) est axée sur la préservation de l'environnement, surtout en ce qui a trait aux lacs et cours d'eau intérieurs des Territoires du Nord-Ouest, plutôt que sur la santé publique. Par conséquent, la LEIN a établi des lignes directrices concernant toutes les activités industrielles et collectives liées au captage de l'eau et à l'évacuation des eaux usées. On a interprété la Loi de manière à ce qu'elle s'applique aussi au déversement dans l'océan des eaux usées provenant des agglomérations côtières arctiques; ainsi, elle réglemente le captage de l'eau et l'évacuation des eaux usées partout dans les Territoires du Nord-Ouest.

Étant donné que la LEIN est relativement récente, ayant été promulguée en 1970, et que les normes environnementales qui en découlent dépendent largement des membres nommés à l'Office des eaux, il est compréhensible que la définition précise des services acceptables sur le plan environnemental ne cesse d'évoluer et qu'elle soit moins claire que celle qui touche l'hygiène publique. L'objectif de la LEIN est toutefois très clair, et l'Office des eaux des T.N.-O., le gouvernement territorial et les autorités locales s'inspirent des expériences et des attitudes existant ailleurs au Canada, pour aménager des services d'eau et d'hygiène qui soient satisfaisants sur le plan environnemental.

L'aide accordée aux collectivités pour l'amélioration des services d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées découle principalement de la politique sur l'eau et l'hygiène du gouvernement des T.N.-O. Cette politique aide à préciser davantage la signification du niveau acceptable de service. Les énoncés de politique résumés ci-dessous définissent les aspects pertinents:

1. Les "Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable au Canada" publiées par le ministère de la Santé et du Bien-être social (1978), définissent les normes de conception des installations d'approvisionnement en eau et d'épuration des eaux usées.
2. Le niveau minimal de service est défini comme étant l'approvisionnement en eau et le pompage des eaux usées par véhicule (sauf lorsque les conditions du sol permettent

d'avoir des puits d'eau ou des fosses d'aisance, des fosses septiques ou des éléments épurateurs, etc.) qui assurent au moins un approvisionnement domestique de base en eau potable de 45 litres par personne et par jour. Ce niveau de service est considéré comme le minimum nécessaire pour répondre aux besoins fondamentaux de santé et d'hygiène personnelle. La capacité des installations doit être suffisante pour répondre à une demande raisonnable en eau, y compris les besoins d'urgence et la lutte contre les incendies.

En ce qui a trait au transport par véhicule, on sait maintenant qu'à mesure que la population augmente, il est plus avantageux économiquement d'opter pour un réseau de canalisations partiel. Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest entreprend alors d'installer un réseau de canalisations partiel ou complet, adoptant le système jugé le plus économique pour la collectivité, pour une durée de planification de 20 ans.

3. Dans les collectivités sans assiette fiscale où on utilise encore le système de collecte des eaux usées domestiques en sacs, le service de base comporte cinq jours de collecte par semaine, à moins de 48 h d'intervalle. L'expérience a montré que, lorsque les sacs hygiéniques n'étaient pas ramassés pendant plus d'une journée, ils constituaient un danger pour la santé publique. Dans les agglomérations dotées d'une assiette fiscale, la fréquence du service est laissée à la discrétion de la collectivité.
4. Le gouvernement des T.N.-O. s'engage à offrir le niveau minimal d'épuration des eaux usées nécessaire pour sauvegarder la santé publique et limiter les effets nuisibles sur l'environnement. Il faut connaître parfaitement la capacité d'assimilation du milieu récepteur.
5. Les installations de base pour le traitement et l'élimination des déchets solides (ordures) doivent permettre de préserver les qualités esthétiques de l'environnement, la qualité de la vie au sein de la collectivité, et de minimiser l'impact des effets nuisibles des installations sur le milieu physique.

   On considère que l'enfouissement sanitaire modifié est le système d'élimination des déchets solides (ordures) minimal acceptable. Lorsque les conditions du sol ne s'y prêtent pas, il faut appliquer des méthodes d'élimination plus complexes.
6. Dans les collectivités où l'assiette fiscale est inexistante, le niveau de base de service pour les déchets solides sera constitué par le ramassage hebdomadaire des ordures par véhicule, à chaque résidence. L'expérience a montré que le ramassage hebdomadaire des ordures domestiques est suffisant pour préserver les conditions esthétiques et sanitaires d'une localité, sans obliger les résidents à entretenir inutilement d'importantes installations de stockage des ordures. Dans les agglomérations dotées d'une assiette fiscale, la fréquence du service sera laissée à la discrétion de la collectivité.

L'étude documentaire (4) sur laquelle repose la présente politique traite plus à fond des niveaux acceptables de service (voir tableau 3).

INFRASTRUCTURES

Plusieurs rapports traitent de l'état des services d'eau et d'hygiène dans les Territoires du Nord-Ouest à diverses époques. Un rapport de Heinke (5) est particulièrement remarquable, car il décrit l'état des services dans la plupart des agglomérations des T.N.-O. en 1970 et 1971. Un rapport ultérieur, préparé pour le gouvernement des T.N.-O. par l'Associated Engineering Services Ltd. (AESL) (6), donne un résumé de l'état des services publics dans toutes les agglomérations des T.N.-O. en 1973.

EN EAU ET DE COLLECTE DES DÉCHETS

Types de services existants	Besoins en main-d'oeuvre	ASPECTS SANITAIRES: Contamination potentielle de l'eau et fréquence de manutention	ASPECTS SANITAIRES: Collecte des eaux usées	Évacuation des eaux usées ménagères	Consommation de l'eau disponible	Flexibilité	Incidences environnementales	Rendement général du système
Tonneau d'eau et sacs hygiéniques (transport par véhicule)	Besoins périodiques de personnel qualifié pour l'entretien de véhicules Besoin occasionnel de main-d'oeuvre non qualifiée Techniques relativement simples	Élevées	Non hygiénique et non sanitaire Potentiel élevé de contamination des habitations et de la région avoisinante. Sérieux problèmes de transport	Déversées directement sur le sol autour des habitations	Faible	S'adapte facilement aux changements de la configuration de la localité. Réponse limitée aux fluctuations de la demande	Élevées en raison des problèmes d'élimination des sacs de déchets liquides concentrés et non traités	Insuffisant
Réservoir de stockage de l'eau et sacs hygiéniques (transport par véhicule)	Voir ci-dessus	Modérées	Voir ci-dessus	Voir ci-dessus	Modérée	Voir ci-dessus	Voir ci-dessus	Insuffisant
Réservoir d'eau et pompage des eaux usées stockées dans des réservoirs (transport par véhicule)	Voir ci-dessus	Modérées	Conditions sanitaires améliorées – potentiel de contamination des habitations et de la région avoisinante très réduit. Problèmes de transport réduits	Variable : les véhicules de pompage n'acceptent pas toujours les eaux grises mais là où ils le font, les risques de contamination du sol et les dangers pour la santé sont éliminés	Faible	Voir ci-dessus	Modérées. Finis les sacs hygiéniques et les déchets sont plus dilués – se prêtant au lagunage ou à la dilution	Acceptable
Système sous pression (transport par véhicule)	Voir ci-dessus Besoin régulier de personnel pour installer les systèmes sous pression et assurer le service Techniques sophistiquées	Faibles	Voir ci-dessus	Les systèmes sous pression entraînent toutes les eaux usées ménagères vers le réservoir de pompage	Élevée	Voir ci-dessus	Les déchets sont encore plus dilués mais leur volume augmente	Acceptable
Réseau d'adduction d'eau	Demande constante de personnel hautement qualifié pour installer, exploiter et entretenir les réseaux de canalisations Techniques très sophistiquées	Très faibles	Par canalisation ou pompage	Variable	Très élevée	S'adapte très bien aux fluctuations de la demande Difficilement adaptable aux changements de configuration de la localité	Par canalisations ou pompage	Acceptable
Réseau d'égouts	Voir ci-dessus	Alimentation par canalisations	Très bien – les problèmes d'hygiène publique sont pratiquement éliminés	Comprises dans les eaux usées	Alimentation par canalisations	S'adapte très bien aux modifications du volume des déchets. Difficilement adaptable aux changements de configuration de la localité	Modérées. Les déchets sont très dilués mais leur volume est grand	Acceptable

Selon l'AESL, à cette époque, les services d'eau et d'hygiène allaient "... du système le plus primitif aux réseaux de canalisation conventionnels modernes", et le niveau général de service était "très inférieur à celui existant dans les agglomérations de taille comparable ailleurs au Canada".

En 1981, la Section eau et hygiène du gouvernement des T.N.-O. a publié un rapport récapitulatif, mis à jour (1), qui donnait une description globale et réaliste de l'état des services publics dans les collectivités des T.N.-O. Il en ressort que les installations d'approvisionnement en eau et les services sanitaires sont encore, dans bon nombre de cas, d'un niveau très inférieur à celui de la plupart des agglomérations situées ailleurs au Canada. Toutefois, on note que des progrès considérables ont été réalisés et que de nombreuses améliorations ont été apportées depuis 1973.

Les tableaux 4 et 5 décrivent l'état actuel des services d'approvisionnement en eau et de collecte des déchets dans les T.N.-O.

La plupart des collectivités des T.N.-O. sont maintenant dotées de systèmes d'approvisionnement en eau qui répondent à toutes les exigences de nature chimique ou esthétique. Toutefois, dans un peu moins de la moitié des agglomérations (25 sur 62), les installations requises pour garantir un approvisionnement sûr à longueur d'année, facilement accessible et une désinfection suffisante, n'existent pas encore. Vingt-cinq collectivités sur 62 constituent une part importante du nombre total d'agglomérations dans les T.N.-O.; il faut toutefois noter (tableau 5) que ces vingt-cinq collectivités ne regroupent que 13,5 p. 100 de la population totale des T.N.-O. Bien que les sources en eau de ces localités ne soient pas bactériologiquement contaminées, à une ou deux exceptions près, il faudrait les doter de stations de pompage et d'installations de traitement appropriées pour limiter les risques de contamination lors du captage de l'eau à la source ou ultérieurement, à l'étape de la livraison.

Les installations d'approvisionnement en eau de deux agglomérations, Eskimo Point et Pangnirtung, sont acceptables aux points de vue bactériologique, chimique et esthétique. L'approvisionnement se fait à partir de vastes réservoirs en terre alimentés l'été par des sources saisonnières avoisinantes. Ces réservoirs renferment assez d'eau pour répondre à la demande actuelle; il faudra toutefois en venir à rationner la population, à moins que les quantités d'eau potable disponibles n'augmentent dans un proche avenir.

Quatre-vingt-dix-sept pour cent de la population des Territoires du Nord-Ouest (51 collectivités sur 62) disposent d'installations d'approvisionnement en eau acceptables. Les services comprennent habituellement des systèmes d'alimentation par canalisations ou de livraison par véhicule. Les résidents des 11 agglomérations où ces services sont inexistants doivent aller quérir eux-mêmes l'eau ou la glace, ce qui entraîne beaucoup de manipulations (et par conséquent un potentiel accru de contamination), sans fournir assez d'eau pour répondre aux besoins essentiels d'hygiène et de santé.

Seize collectivités (4,6 p. 100 de la population totale), ne disposent sur place d'aucune installation de pompage des eaux usées. On recourt à des fosses d'aisance ou à des sacs hygiéniques pour l'élimination des excréments. Toutes les autres sortes d'eaux usées sont déversées directement sur le sol, à l'extérieur des habitations. Certaines de ces collectivités disposent d'un service organisé de collecte des sacs hygiéniques. Toutefois, les habitations où les eaux usées peuvent être stockées en prévision d'un ramassage périodique ne sont pas desservies par un service de pompage.

Là où il existe un service de pompage des eaux usées mais où de nombreux résidents doivent encore se servir de sacs hygiéniques ou de fosses d'aisance, le service de collecte des eaux usées est considéré comme étant "généralement acceptable" (tableau 4). Trente-deux des 62 collectivités, représentant 42,6 p. 100 de la population totale, ont un système de collecte des eaux usées "généralement acceptable", tandis que les services fournis dans 14 agglomérations (52,8 p. 100 de la population totale), sont acceptables à

TABLEAU 4 ÉTAT DES SERVICES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE COLLECTE DES DÉCHETS (PAR AGGLOMÉRATION)

Statut municipal et agglomération	Nombre d'habitants	Installations et objectifs de la conception technique								
		Approvisionnement en eau et traitement			Livraison de l'eau	Collecte des eaux usées	Épuration et évacuation des eaux usées		Installations d'élimination des déchets solides	
		Santé publique			Santé publique	Santé publique	Santé publique	Incidences environ.	Santé publique	Incidences environ.
		Bactéries	Chimie	Esthétique						
U Nanisivik	291	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H Pelly Bay	281	U	A	A	A	GA	U	U	U	A
H Chesterfield Inlet	281	U	A	A	A	GA	U	U	U	A
S Snowdrift	264	U	A	U	A	U	U	U	U	A
S Lac La Martre	231	U	A	A	U	U	U	U	A	A
H Whale Cove	203	U	A	A	A	GA	U	U	A	A
S Rae Lakes	177	U	A	A	U	U	A	U	A	A
S Resolute Bay	177	A	A	A	A	A	A	A	A	A
S Sachs Harbour	170	A	A	A	A	GA	U	U	U	U
S Paulatuk	166	U	A	A	A	U	U	U	U	U
S Wrigley	163	A	A	A	A	U	A	A	A	A
U Detah	161	A	A	A	A	GA	A	A	A	A
S Grise Fiord	95	A	A	A	A	U	A	U	U	A
U Nahanni Butte	92	U	A	A	U	U	U	U	U	U
S Arctic Red R.	79	U	A	U	A	U	U	U	U	U
U Colville Lake	73	U	A	A	U	U	U	U	U	U
U Bay Chimo	66	U	A	A	U	U	U	U	U	U
U Trout Lake	61	U	A	A	U	U	U	U	U	U
S Snare Lake	58	U	A	A	U	U	U	U	U	U
U Hay River/ Enterprise Corr.	58	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U Jean Marie R.	49	U	A	A	U	U	U	U	U	U
U Kakisa	41	U	A	A	U	U	U	U	A	A
S Enterprise	40	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U Bathurst Inlet	30	U	A	A	U	U	U	U	U	U
TOTAUX Acceptable	A	37	59	56	51	14	35	20	26	42
TOTAUX Généralement acceptable	GA	-	-	-	-	32	-	-	-	-
TOTAUX Insatisfaisant	U	25	3	6	11	16	27	42	36	20

LÉGENDE

Statut municipal	État des services publics
C - cité; T - ville	A - acceptable
V - village; H - hameau	GA - généralement acceptable
S - établissement de population	U - insatisfaisant
U - localité non organisée	

TABLEAU 4 ÉTAT DES SERVICES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE COLLECTE DES DÉCHETS (suite)

Statut municipal et agglomération	Nombre d'habitants	Installations et objectifs de la conception technique								
		Approvisionnement en eau et traitement			Livraison de l'eau	Collecte des eaux usées	Épuration et évacuation des eaux usées		Installations d'élimination des déchets solides	
		Santé publique								
		Bactéries	Chimie	Esthétique	Santé publique	Santé publique	Santé publique	Incidences environ.	Santé publique	Incidences environ.
C Yellowknife	9918	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T Hay River	3345	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T Inuvik	2892	A	A	A	A	A	A	U	A	A
T Frobisher Bay	2454	A	A	A	A	GA	A	A	U	U
T Fort Smith	2234	A	A	A	A	A	A	A	A	A
T Pine Point	1647	A	A	A	A	A	A	U	A	A
H Rae Edzo	1309	A	A	A	A	GA	A	A	A	A
H Baker Lake	1017	A	A	A	A	GA	A	A	U	U
V Fort Simpson	1001	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H Eskimo Point	980	A	A	A	A	GA	A	A	U	A
H Rankin Inlet	956	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H Pangnirtung	909	A	A	A	A	GA	U	U	U	U
S Cambridge Bay	864	A	A	A	A	GA	U	U	U	U
S Fort McPherson	781	A	A	A	A	GA	U	U	A	A
S Coppermine	766	A	U	U	A	GA	U	U	U	U
H Igloolik	766	A	A	A	A	GA	U	U	U	U
H Aklavik	750	A	A	A	A	GA	U	U	A	A
H Tuktoyaktuk	747	U	U	U	A	GA	U	U	U	U
H Cape Dorset	725	A	A	A	A	GA	A	A	A	A
H Pond Inlet	652	U	A	A	A	GA	U	U	U	A
S Fort Providence	571	A	A	A	A	A	A	A	A	A
H Fort Franklin	554	A	A	A	A	A	A	U	U	A
D Fort Resolution	523	A	A	A	A	GA	A	U	A	A
H Gjoa Haven	493	A	A	A	A	GA	A	U	U	A
H Spence Bay	470	A	A	A	A	GA	A	U	U	A
S Fort Good Hope	446	A	A	A	A	GA	A	A	A	A
H Clyde River	443	U	A	A	A	GA	U	U	U	A
H Coral Harbour	414	U	A	A	A	GA	A	U	U	A
H Hall Beach	396	U	A	U	A	GA	A	U	U	U
H Arctic Bay	377	U	A	A	A	GA	A	U	U	A
H Norman Wells	361	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U Fort Liard	344	A	U	A	U	U	A	U	A	A
S Holman Island	336	U	A	A	A	GA	U	U	U	U
H Sanikiluaq	334	A	A	U	A	GA	A	U	U	U
H Repulse Bay	328	U	A	A	A	GA	A	U	U	A
H Broughton Isl.	314	A	A	A	A	GA	A	U	U	A
S Fort Norman	312	A	A	A	A	GA	A	A	U	U
H Lake Harbour	300	U	A	A	A	GA	U	U	U	A

TABLEAU 5 ÉTAT DES SERVICES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE COLLECTE DES DÉCHETS (POPULATIONS DESSERVIES)

État des services	Installations	Approvisionnement en eau et traitement			Livraison de l'eau	Collecte des eaux usées	Épuration et évacuation des eaux usées		Installation d'élimination des déchets solides	
	Objectifs de la conception technique	Santé publique			Santé publique	Santé publique	Santé publique	Incidences sur l'environnement	Santé publique	Incidences sur l'environnement
		Bactéries	Chimie	Esthétique						
Acceptable	Collectivités	37	59	56	51	14	35	20	26	42
	Nombre d'habitants	39191	43479	42750	44144	23955	35877	26519	29345	35757
	% de la population totale	86,5	95,9	94,3	97,3	52,8	79,1	58,5	64,7	78,9
Généralement acceptable	Collectivités					32				
	Nombre d'habitants					19302				
	% de la population totale					42,6				
Insatisfaisant	Collectivités	25	3	6	11	16	27	42	36	20
	Nombre d'habitants	6145	1857	2586	1222	2079	9459	18817	15991	9579
	% de la population totale	13,5	4,1	5,7	2,7	4,6	20,9	41,5	35,3	21,1

tous les égards. Le système des sacs hygiéniques est jugé insatisfaisant en raison des dangers pour la santé liés à la manipulation des sacs à la maison, à la détérioration des sacs stockés à l'extérieur des habitations en prévision du ramassage et aux difficultés et inconvénients de la collecte elle-même.

Les installations d'épuration et d'évacuation des eaux usées comportent des lacunes majeures dans quelque 42 localités, qui abritent 41,5 p. 100 de la population totale. Vingt-sept des 42 agglomérations (20,9 p. 100 de la population totale) ne répondent pas aux normes en vigueur en matière de protection de l'environnement et de la santé publique. En général, ces collectivités se débarrassent de leurs eaux usées en les déversant sur le sol près de la décharge de déchets solides (ordures), là où il n'existe aucun moyen de contrôle ou de rétention des déchets liquides, engendrant des dangers considérables pour la santé des personnes qui se présentent sur les lieux. Une fois de plus, le manque de contrôle, associé à l'absence d'installations d'épuration et d'évacuation des eaux usées conçues pour répondre aux objectifs de préservation de la qualité de l'environnement physique, nous oblige à constater que 43 agglomérations sur 62 ne bénéficient pas de services sanitaires appropriés dans les Territoires du Nord-Ouest.

Les installations d'élimination des déchets solides ont également besoin d'être améliorées dans nombre de régions. Même si la collecte des ordures est habituellement satisfaisante, leur élimination laisse souvent à désirer.

Les sacs à excréments font indubitablement partie des déchets solides; ils doivent toutefois être séparés des autres ordures si on ne veut pas que les chiffonniers et autres personnes fréquentant le dépotoir s'exposent inutilement à des dangers. Des installations sanitaires distinctes sont nécessaires pour éliminer les sacs à excréments d'une façon hygiénique.

Si une collectivité se contente d'un mode inorganisé et autonome d'élimination des déchets solides, on considère qu'elle ne rencontre pas les objectifs fixés en matière d'hygiène et de protection de l'environnement.

De façon semblable, on considère que les collectivités qui utilisent des décharges non contrôlées ou un terrain qui n'est pas géré suivant la pratique en vigueur pour les décharges modifiées, ont des installations d'élimination des déchets solides insatisfaisantes sur le plan environnemental.

Comme l'indique le tableau 4, dans 36 des 62 collectivités (35,3 p. 100 de la population totale) on retrouve, en matière de santé publique, des lacunes fréquemment liées au fait qu'on ne sépare pas les sacs hygiéniques des autres déchets et/ou à l'existence d'une décharge généralement non contrôlée (ou non contrôlable). Vingt agglomérations sur 62 (21,1 p. 100 de la population totale) présentent des lacunes sur le plan environnemental, à nouveau liées à un site de décharge sauvage ou à une mauvaise gestion.

ÉTAT FINANCIER

L'examen de l'état physique des installations d'approvisionnement en eau et d'élimination des déchets ne saurait être complet sans l'étude de l'investissement financier déjà consenti pour obtenir le niveau de service actuel, et de l'effort supplémentaire nécessaire pour rendre acceptables les services dans toutes les agglomérations.

Le tableau 6 présente un résumé de l'état financier des services d'approvisionnement en eau et d'élimination des déchets dans les Territoires du Nord-Ouest. Les données fournies se rapportent à la valeur du dollar canadien en 1981.

Les chiffres présentés comprennent le coût total de l'aménagement et de l'exploitation d'infrastructures acceptables et suffisantes pour desservir la population actuelle de chaque agglomération désignée. Selon la taille de la localité, l'emplacement

géographique et les contraintes géotechniques, un système de transport par véhicule, un réseau de canalisations, ou une combinaison des deux, pourra être la méthode la plus économique.

Au tableau 6, on remarque que le coût du remplacement des installations existantes ajouté au montant du financement futur (coût marginal), ne nous permet pas toujours de retrouver le "coût de services satisfaisants". La raison en est que le coût des services de collecte et d'élimination des sacs hygiéniques est inclus dans celui des infrastructures existantes. Le système des sacs à excréments n'est pas considéré comme une méthode satisfaisante. C'est toutefois un service nécessaire, jusqu'à ce que la situation du logement s'améliore dans l'ensemble des T.N.-O. et que toutes les habitations aient au moins un système d'élimination souterrain approprié ou des réservoirs de pompage des eaux usées d'une capacité suffisante. Lorsque le système des sacs hygiéniques ne sera plus nécessaire, il disparaîtra. C'est pourquoi le coût des installations liées à ce système n'est pas inclus dans le coût de services satisfaisants. En soustrayant le coût marginal du coût de services satisfaisants, puis en soustrayant le montant obtenu du coût du remplacement des installations existantes, on obtient l'investissement approximatif consenti jusqu'ici pour la collecte et l'élimination des sacs hygiéniques.

Comme nous l'avons mentionné, les collectivités dotées d'une assiette fiscale (principalement celles qui ont un statut municipal de cité, ville ou village), ont toujours réussi à obtenir les ressources financières nécessaires pour se doter d'une infrastructure acceptable en matière d'eau et d'hygiène plus facilement que les collectivités où l'assiette fiscale est inexistante. Il n'est donc pas surprenant que les cités, villes ou villages soient plus fréquemment dotées d'installations qui se rapprochent du niveau acceptable que les hameaux ou les établissements de population. Les agglomérations dotées d'une assiette fiscale ont des installations tout à fait satisfaisantes à 90 p. 100, tandis que celles qui n'en ont pas (hameaux et établissements de population), n'atteignent que 52 p. 100. Dans l'ensemble, les T.N.-O. sont pourvus de services acceptables à près de 72 p. 100.

Il est intéressant de noter que les hameaux et établissements de population des régions d'Inuvik et de Baffin présentent les niveaux de service les plus élevés, avec 67 et 58 p. 100 respectivement. Les régions de Keewatin, Kitikmeot (Arctique central) et Fort Smith suivent avec des moyennes de 46 p. 100, 42 p. 100 et 41 p. 100.

Un examen plus attentif du tableau 6 permet de faire d'autres découvertes. Ainsi, à Frobisher Bay, un investissement supplémentaire de 2,5 millions de dollars est requis. Une réduction nette de 500 000 dollars est toutefois prévue dans les frais annuels d'exploitation et d'entretien (E & E). Cela peut sembler invraisemblable, puisque de nouvelles installations engendrent habituellement des frais d'E & E supplémentaires. La population de Frobisher Bay est toutefois assez importante pour faire du réseau de canalisations d'eau et d'égouts une solution plus rentable que les services de transport par véhicule. L'investissement marginal de 2,5 millions de dollars servira principalement à compléter un programme d'aménagement d'un réseau de canalisations desservant la principale partie de la localité; on pense ainsi réaliser une économie de 500 000 dollars par année. Lors de l'aménagement du reste de la région de Frobisher Bay, bon nombre d'occupants des habitations et autres bâtiments verront leur situation améliorée, passant d'un service insatisfaisant de stockage de l'eau et de collecte des sacs hygiéniques à un service d'une qualité nettement supérieure.

Le tableau 6 nous permet également de réaliser l'importance du coût de la desserte des 45 336 habitants des T.N.-O., répartis en 62 agglomérations. L'investissement total en capital injecté jusqu'ici dans les services en question est évalué à 186,2 millions de dollars, et 70,5 millions de dollars supplémentaires sont nécessaires si toutes les collectivités doivent être dotées d'installations d'approvisionnement en eau et de collecte des déchets d'un niveau acceptable.

TABLEAU 6 ÉTAT FINANCIER DES SERVICES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS (en dollars 1981)

Agglomération	Total des coûts en capital ($ x 10^6)			Total des frais d'exploitation et d'entretien ($ x 10^6)		
	Coût de services satisfaisants	Coût du remplacement des services existants	Financement futur (coût marginal)	Coût de services satisfaisants	Services d'E&E existants	Financement futur (coût marginal)
Assiette fiscale						
Fort Smith	17,0	15,0	2,0	0,2	0,2	0
Fort Simpson	8,3	7,5	0,8	0,1	0,1	0
Frobisher Bay	16,5	14,5	2,5	0,7	1,2	(2,5)
Hay River	18,0	18,0	0	0,4	0,4	0
Inuvik	19,3	17,3	2,0	0,4	0,4	0
Pine Point	10,1	9,9	0,5	0,2	0,2	0
Yellowknife	40,5	35,5	5,0	1,3	1,2	0,1
Total partiel	129,7	117,7	12,8	3,3	3,7	(0,4)
	100 %	90 %	10 %	100 %	112 %	(12 %)
Assiette fiscale pratiquement inexistante						
Baffin	34,9	21,6	14,6	6,3	2,6	3,7
Kitikmeot (Arctique central)	14,4	7,3	8,4	2,8	1,4	1,4
Inuvik	25,7	17,9	8,6	4,2	2,1	2,1
Keewatin	28,7	13,9	15,6	3,8	2,2	1,6
Fort Smith	17,8	7,8	10,5	3,7	1,5	2,2
Total partiel	121,5	68,5	57,7	20,8	9,8	11,0
	100 %	52 %	48 %	100 %	47 %	53 %
Total général	251,2	186,2	70,5	24,1	13,5	10,6
	100 %	72 %	28 %	100 %	56 %	44 %

On calcule un investissement accumulé d'environ $4100 par personne et un investissement final de $5700 par personne. De façon similaire, les frais annuels d'E & E sont actuellement de l'ordre de $300 par personne et ils atteindront près de $530 par personne, une fois les services acceptables mis en opération.

CONCLUSION

On constate que le niveau de service offert aux habitants des T.N.-O. reste toujours inférieur à celui dont jouissent les habitants des localités situées ailleurs au Canada. Il est toutefois très évident que les conditions se sont beaucoup améliorées ces dernières années, même s'il reste beaucoup à faire sur le plan des modifications à apporter aussi bien que sur celui de l'investissement financier.

À l'heure actuelle, on peut affirmer que les T.N.-O. ont des services d'approvisionnement en eau et de collecte des déchets généralement acceptables à 70 p. 100.

Si on se fie aux niveaux actuels d'investissement de la part des gouvernements fédéral, territorial et municipaux destinés à mettre sur pied une infrastructure en matière d'eau et d'hygiène, il faudra probablement 8 à 10 autres années avant que les services ne soient satisfaisants partout dans les T.N.-O. Ce jour-là, nous serons devant une réalisation qui aura nécessité près de 30 ans d'efforts (1960-1990).

C'est également en 1990 que prendra fin la décennie internationale de l'approvisionnement en eau et de l'aménagement sanitaire, décrétée par les Nations Unies en vue de garantir une eau pure et des conditions sanitaires satisfaisantes à tous les peuples de la Terre, d'ici l'an 1990. Ce qui aura été accompli dans les Territoires du Nord-Ouest pourra contribuer à donner du relief à cette décennie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. N.W.T. Data Book 1981 - A Complete Information Guide to the Northwest Territories and its Communities, Outcrop Ltd., Yellowknife, T.N.-O., juin 1981.

2. Communication de la Division des affaires municipales, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O., avril 1982.

3. Christensen, V. (1980), "Évolution de la politique et des programmes concernant l'eau et l'hygiène dans les Territoires du Nord-Ouest", Symposium sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques (tenu les 19, 20 et 21 mars 1979 à Edmonton, Alberta), Environnement Canada, Rapport EPS 3-WP-80-5F, Ottawa, 1982, pp. 4-9.

4. Christensen, V. et J. Reid (1977), "N.W.T. Water and Sanitation Policy and Program Review", gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O., janvier 1977.

5. Heinke, G.W. (1973), "North of 60 - Report on Municipal Services in Communities of the Northwest Territories", rédigé pour le ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1973.

6. Associated Engineering Services Ltd. (1973), "A Review of the Proposed Water and Sanitation Policy with Recommendations on Implementation", rédigé pour le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, août 1973.

ÉTAT DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA - 1982

William L. Ryan
OTT Water Engineers
Anchorage (Alaska)

Depuis 1959, le U.S. Public Health Service - Indian Health Service (IHS) applique un programme concernant la santé publique dans le milieu des Indiens, Esquimaux et Aléoutes de l'Alaska. Une partie importante de ce programme comporte la conception et la construction d'installations d'approvisionnement en eau, d'évacuation des eaux usées et d'élimination des déchets solides dans les petites agglomérations de tout l'État, en vertu de la Public Law 86-121, qui vise à élever le plus possible le niveau de santé des autochtones de l'Alaska.

L'Alaska compte près de 60 000 autochtones habitant environ 12 000 résidences regroupées en 220 agglomérations, dont la taille va de 5 à 6 maisons à plus de 600 maisons. Les fonds versés par l'IHS sont uniquement destinés à la conception, à la construction des installations, et à la formation d'opérateurs. On n'a pas prévu une réserve de fonds fédéraux pour subventionner les frais d'exploitation et d'entretien (E & E).

Les frais d'E & E suivent de très près le coût de l'énergie, notamment du pétrole. Celui-ci coûte en moyenne de 60 à 80 cents le litre et l'électricité (produite habituellement à partir du pétrole), coûte maintenant près de 50 cents par kWh dans les villages éloignés. Certaines localités qui, il y a quelques années, avaient les moyens d'exploiter des réseaux de canalisations d'eau et d'égouts sont maintenant obligées d'avoir recours à un point d'eau ou à une installation centrale. La livraison d'eau par camion-citerne n'est pas pratique courante dans les petites agglomérations de l'Alaska. Elles sont rarement desservies par des routes, car le gravier est rare et les conditions difficiles du sol et du ruissellement interdisent les déplacements en véhicule (même en véhicule à chenilles), sauf pendant l'hiver. L'exploitation d'un service par véhicule, en l'absence de subventions à l'E & E, peut également représenter un fardeau financier très lourd. Une installation centrale permet d'aller aux toilettes, de laver son linge et de prendre un bain. Si on le désire, on peut également rapporter de l'eau chez soi. De telles installations continueront d'être populaires jusqu'à ce que le coût de l'énergie diminue ou que des subventions à l'E & E soient accordées.

Le niveau des services d'eau et d'hygiène dont bénéficie une collectivité peut avoir une incidence importante sur la santé des usagers. La plupart des spécialistes en la matière considèrent qu'on ne peut espérer voir une population en parfaite santé tant que chaque résidence ne sera pas adéquatement approvisionnée en eau par canalisations ou par camion-citerne. Des études ont montré que l'on utilise beaucoup moins d'eau s'il faut aller la quérir soi-même et que cette situation ne contribue pas à améliorer l'état de santé d'une population. Il existe actuellement cinq "niveaux de service" dans les agglomérations de l'Alaska. Ils sont énumérés ci-dessous par ordre croissant de sécurité pour la santé.

1. Aucune source sûre et centrale d'approvisionnement en eau. Les résidents utilisent habituellement le plan d'eau le plus proche, qui est souvent pollué. Ils déversent habituellement leurs eaux usées dans des fosses d'aisance, mais certains se débarrassent sans discernement de leurs seaux hygiéniques.
2. Point d'eau central où on peut obtenir de l'eau d'une qualité certaine. Les différents types de rejets sont évacués dans des trémies ou des fosses d'aisance.

3. Installation centrale dotée d'une buanderie et de bains, mais sans système de livraison de l'eau à domicile. On y trouve une installation d'épuration des eaux usées (habituellement un étang de lagunage). Les résidents disposent habituellement d'installations individuelles d'élimination des rejets (trémies ou de fosses d'aisance).
4. Service de transport de l'eau et de collecte des eaux usées à domicile, exploité par la collectivité, les autorités locales ou un particulier.
5. Service complet de canalisations d'eau et d'égout à chaque habitation.

On peut naturellement retrouver différentes combinaisons de ces cinq niveaux de service: une collectivité pourra disposer d'une installation centrale de même que d'un service de distribution d'eau et de ramassage des déchets par véhicule. Elle pourra également avoir deux ou plusieurs niveaux de service sur son territoire: le centre d'une vaste agglomération pourra être desservi par un réseau de canalisations, tandis que les maisons situées à l'extérieur bénéficieront d'un service de distribution d'eau et de pompage des eaux grises par véhicule.

L'une des grandes décisions à prendre à l'étape de la planification concerne le niveau de service qui convient le mieux à une collectivité donnée. Faute de subventions à l'E & E, on doit nécessairement compter avec la capacité et la volonté de la collectivité d'exploiter et d'entretenir de façon satisfaisante ses installations. Donner aux opérateurs une formation pertinente et leur fournir des guides d'exploitation et d'entretien précis et faciles à suivre est chose faisable mais il est plus difficile pour une collectivité de se doter d'une base économique suffisante pour supporter financièrement les installations. Ainsi, le premier défi à relever est de déterminer le niveau le plus élevé de service qui puisse être offert, tout en restant en deçà des limites de la collectivité pour ce qui est d'assumer les frais quotidiens d'E & E. La décision doit être prise par l'ensemble de la collectivité. Il faut donc aller en parler dans toutes les familles, chez elles, et non pas s'adresser uniquement aux autorités locales.

Le tableau suivant présente un inventaire complet de toutes les agglomérations autochtones de l'Alaska où des installations sanitaires ont été installées jusqu'ici par le gouvernement fédéral, l'État, ou les deux. Environ 50 petites agglomérations rurales n'apparaissent pas dans ce tableau. La plupart ne sont pas dotées d'installations sanitaires et entrent dans la catégorie du niveau de service le plus faible. Le tableau comporte notamment une description abrégée des installations existantes. Les notes en chiffres sont expliquées à la dernière page du tableau.

Le Department of Environmental Conservation de l'État de l'Alaska a également eu une influence importante sur l'amélioration des installations sanitaires dans les agglomérations rurales. Leur programme, le Village Safe Water (VSW), reçoit des fonds plus importants depuis deux ans et, compte tenu des réductions prévues de fonds fédéraux, il pourrait bien être responsable de l'aménagement de la plupart des installations sanitaires dans l'Alaska rural pendant les prochaines années. La presque totalité des installations financées par l'État sont des installations centrales et sont indiquées sur le tableau ci-joint comme des projets du VSW.

Somme toute, si l'objectif est de doter chaque habitation de l'eau courante et de toilettes à chasse d'eau, près de 9000 foyers en sont encore dépourvus; dans certains cas, il faudrait apporter des améliorations majeures et/ou compléter les installations existantes. Il ne sera toutefois pas possible de doter d'eau courante les habitations de près de 70 agglomérations, en raison de contraintes techniques ou de difficultés de construction. Soixante d'entre elles seront probablement dotées d'une installation centrale. Les dix autres ne bénéficieront jamais d'autre chose que d'un point d'eau central, principalement en raison de leur petite taille. Le tout exigera encore quelque 280 millions de dollars américains, l'approvisionnement en eau, l'évacuation des eaux usées et l'élimination des déchets solides retenant respectivement 55, 41 et 4 p. 100 de ce montant.

Mars 1982

Ville ou village	RC*	Nombre d'habitations	Eau: Source d'approvisionnement	Eau: ** Type de service	Eau: Taille des bâtiments (m x m)	Eau: Traitement: Filtration	Eau: Traitement: Au chlore	Eau: Traitement: Au fluor	Eau: Traitement: Au fer	Eau: Notes	Eau: Alimentation en combustible: Réservoir quotidien (l x 10^3)	Eau: Alimentation en combustible: Réserv. en vrac (l x 10^3)	Eau: Groupe électrogène de la station de pompage (kW)	Eau: Système de chauffage: Chaudière	Eau: Système de chauffage: Réchauffeur à l'huile	Eau: Réservoir de stockage de l'eau (l x 10^3)	Égouts: Syst. individuel	Égouts: Réseau public: Station de relèvement	Égouts: Réseau public: Traitement**	Égouts: Réseau public: Élimination**
Akhiok	10	25	ruisseau	4	7,3 x 7,3	X	X	X	-	(1)	1,89	-	6	-	X	492,1			ST	B,O
Akiachak (VSW)	6	63	puits	2	3,7 x 4,9	X	X		X								X		EX	
Akutan	2	17	ruisseau	4	4,9 x 5,5	-	X	X	-		1,14	-	-	-	X		X			O
Alakanuk (VSW)	6	100	puits	2		X	X			(2)							X		MF	
Aleknagik	5	34	puits	1	9,8 x 19,5	-	X	X	-		1,89	53	15	X	X	30,3	X			
Allakaket	9	28	puits	2	11,6 x 19,5	-	X	X			1,89	53	15	X	X	37,9	X		LG	
Ambler	11	45	puits	3	6,1 x 9,1	-	X	X	-		1,89	56,8	20	X	X	113,6		2	LG	
Andreafsky	6	16	ruisseau	3	4,9 x 7,3		X	X	-		1,89	75,7	30	X	-	189,3		X	ST	D
Angoon	12	84	ruisseau	4	4,9 x 7,3	X	X	X	-		1,89	-	-	-	X	378,5		1	RBD	O
Arctic Village	9	28	lac	2	12,2 x 12,2	-	X	X	-	H	1,89	75,7	100	X	X	75,7	X		LG	H
Atka	2	22	cours d'eau	4	7,3 x 12,2	X	X	(16)	-		1,89	-	-	-	X	189,3				O
Atmautluak	6	32	puits	1	9,8 x 19,5	X	X	X	X		1,89	-	12	-	X	37,9	X			
Barrow	3	400	lac	1	24,4 x 12,2	X	X	X	-	H	2,27	-	25	X		2271,2	X			
Beaver (VSW)	9	24	puits	2		X	X			(8)							X		EX	
Bethel	6	600	puits	3	9,1 x 24,4	X	X	X	X	H	0,95	7,6	50	X	X	265,0		4	LG	H
Birch Creek	9	10	ruisseau	1	6,1 x 9,8	X	X	X	-		1,89	26,5	25	X	X	302,8	X		EX	D
Brevig Mission	4	33	puits	2						(3)							X			
Buckland	11	30	rivière	1	4,9 x 7,3	X	X	X	-		1,89	37,9	12	X	X	94,6	X			
Chefornak	6	30	puits	1	3,7 x 4,9		X				-	-	-	-	X	3,8	X			
Chevak (VSW)	6	62	puits	2	3,7 x 4,9		X		X		-	-	2.5	-	X	3,3	X			LG
Chignik Lake	5	25	puits	2/4	9,8 x 12,2	-	X	X	-		1,89	22,7	2-6	X	X	189,3	X		ST	D
Chistochina	1	9	puits	1	4,9 x 4,3	-	X	X	-	(4)	1,89	-	-	-			X			
Chuathbaluk	6	15	puits	1	3,7 x 6,1	-	X	X	-		1,89	56,8	6	-	X				ST	D
Clarks Point	5	15	puits	4	6,1 x 18,3	-	X	X			1,14	-	10	-	X				LG	L
Council (VSW)	4	10	puits	2													X			
Craig	12	150	ruisseau	4	6,1 x 4,9	-	X	X	-		1,14	-	-		X	643,5		3	RBD	O
Deering	11	21	rivière	1	4,9 x 12,2	X	X	X	-		1,89	26,5	12	X	X	378,5	X			
Dillingham	5	200	puits	4	7,3 x 11,0	-	X	X	-		1,89	-	15	X	X	1923,0		X		O
Dot Lake	9	16	puits	2&3	9,8 x 12,2	-	X	X	-		-	11,4	-	X			X		ST	D
Eek	6	57	rivière	2	9,8 x 19,5	X	X	X	-		1,89	30,3	12	X	X	227,1	X			
Eklutna	8	5	puits	4	4,9 x 4,9	-	X	(16)	-		-	-	-		Électr.	-	X			
Elim	4	78	source	3	9,1 x 18,3	-	X	X	-		1,89	56,8	15	X	X	68,1		X	ST	D
Emmonak (EPA)	6	93	puits	2						(3)										
English Bay	7	34	ruisseau	4	3,7 x 4,3	X	X	(16)	-		-	-	-	Électr.		56,8			ST	D
Eskimo Village	9	6		3						(7)										
Galena	9	136	puits	2	12,2 x 18,3	-	X	X	X	(8)	-	56,8	15	X	-	37,9	H		LG	
Gambell	4	85	source/puits	2	26,8 x 9,1	X	X	X	-	(9)	-	83,3	12	X	X	378,5	X		ST	D
Golovin	4	20	cours d'eau	2	7,3 x 9,8	X	X	X			1,89	56,8	15	X	X	1135,6	X		ST	D
Goodnews Bay	6	47	puits	3	4,9 x 11,0	-	X	X	-		1,14	-	-	X	X	18,9	X		ST	O
Grayling	9	25	ruisseau	3	9,8 x 12,2	-	X	X	-		1,89	37,9	20	X	-	227,1		X	LG	
Gulkana	1	13	puits	3	9,1 x 4,9	X	X	-	-		1,89	-	-	X	X	-			ST	S
Holy Cross	9	50	puits	3	5,5 x 7,3	-	X	-	-		0,95	-	-	X		94,6			LG	
Hoonah	12	192	cours d'eau	4	9,1 x 7,3	X	X	X	-		1,89	-	-	X	-	851,7		X	EX	O

INVENTAIRE DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE

INVENTAIRE DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE (suite)

COMMUNITY SANITATION FACILITIES INVENTORY
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE

Mars 1982

					Eau												Égouts			
					Traitement					Alimentation en combustible			Système de chauffage				Réseau public			
Ville ou village	RC*	Nombre d'habitations	Source d'approvisionnement	** Type de service	Taille des bâtiments (m x m)	Filtration	Au chlore	Au fluor	Au fer	Notes	Réservoir quotidien ($l \times 10^3$)	Réserv. en vrac ($l \times 10^3$)	Groupe électrogène de la station de pompage (kW)	Chaudière	Réchauffeur à l'huile	Réservoir de stockage de l'eau ($l \times 10^3$)	Syst. individuel	Station de relèvement	Traitement**	Élimination**
Hooper Bay	6	74	puits	1	7,3 x 9,8	-	X	X			-	3,8	-	-	X	15,1	X			
Hughes	9	16	puits	3	6,1 x 6,1	-	X	X	-		-	56,8	9	X	X	56,8	X			
Huslia	9	23	puits	1/3	9,8 x 12,2	X	X	X	X		1,89	56,8	17,6	X	-	56,8	X		ST	D
Hydaburg	12	70	cours d'eau	4	4,9 x 6,1	-	X	X	-		2,08	-	-		X	378,5		2	RBD	O
Juneau Village	12									(10)										
Kake	12	140	cours d'eau	4	4,9 x 9,8	-	X	X	-		1,89	-	67	Électr.		378,5		X	EX	O
Kaktovik	3	31	lac	1	9,8 x 14,6	X	X	X	-		1,14	-	15	X	X	2195,5	X			
Kaltag	9	39	puits	3	4,9 x 6,1	X	X	X	X		1,89	56,8	2,5	X	-	121,1			LG	R
Kanakanak/(11)	5	35	puits	1		-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	X		LG	
Karluk	10	22	ruisseau	4	7,3 x 7,3	X	X	X	-		1,89	-	6	-	X	189,3			ST	D
Kasaan	12	15	ruisseau	4	4,9 x 6,1	X	X	X	-		1,89	-	-	-	X	94,6			ST	C,N
Kasigluk	6	52	puits	2	9,8 x 19,5	X	X	X	X		1,89	56,8	12	X	X	34,1	X			
Kiana	11	46	puits	3	6,1 x 12,2	X	X	X	-		1,89	68,1	15	X	-	113,6			EX	O
King Cove	2	84	ruisseau	4	6,1 x 9,8	-	X	-	-	(1)	0,95	-	-	Électr.	X	-			ST	O
Kipnuk	6	79	lac	1	3,7 x 4,3	-	X	X	-		-	-	-	-	-	378,5	X			
Kivalina	11	48	rivière	1	6,1 x 7,3	X	X	X			1,14	37,9	12	X	X	1892,7	X			
Klawock	12	55	ruisseau	4	4,9 x 6,1	-	X	X	-		2,08	-	-	X		378,5		X	RBD	O
Klukwan	12	55	ruisseau	4	4,9 x 6,1	-	X	X	-		-	-	-	Électr.		113,6			ST	D
Kobuk	11	15	puits	2	9,8 x 11,0	-	X	X	X		0,45	5,7	7,5	-	X	7,6	X		ST	D
Kongiganek (VSW)	6	58	rivière	2		X	X										X		EX	
Kotlik	6	58								(13)							X			
Kotzebue	11	410	lac	3	36,6 x 12,2	X	X	X		(14)	1,89	-	50	X		5678,1		9	LG	
Koyuk	4	52	puits	2	9,8 x 15,8	-	X	X	-	(1)	1,89	56,8	12	X	X	26,5	X		ST	S
Koyukuk (VSW)	9	22	puits	2															EX	
Kwethluk	6	105	puits	1	9,8 x 19,5	-	X	X	X		0,38	-	-	-	X	75,7	X			
Larsen Bay	10	51	ruisseau	4	7,3 x 7,3	X	X	X	-		1,89	-	10	-	X	227,1			ST	D
Little Diomede	4	18	source	1	6,1 x 4,9		X	X		(17)	1,14	X	-	X	X	454,2	X			
Lower Kalskag	6	34	puits	3	7,3 x 9,1	-	X	X	-		1,89	Aucun	15	X	Aucun	9,5		X	ST	D
Manokotak	5	42	puits	3	4,9 x 6,1		X	X	-		1,89	-	15	X	X	113,6			LG	L
Marshall	6	43	puits	3	12,2 x 7,3	-	X	X	-		1,89	56,8	30	X	X	94,6		X	LG	
McGrath	9	87	rivière	2	15,8 x 36,6	X	X	X	-	(1)	1,89	60,6	30	(21)	X	1892,7	X		ST	D
Mekoryuk	6	50	puits	1	12,2 x 18,3	-	X	X	X		1,89	30,3	-	X	X	94,6		X	LG,PT	
Metlakatla	12	269	lac	4	4,9 x 7,3	-	X	X	-		-	-	-	Électr.		757,1		X	(38)	N,O
Minto	9	45	puits	3	15,2 x 9,8	-	X	X	-		1,14	56,8	25	X	-	113,6			LG	M
Mt. Village	6	104	puits	3	7,3 x 11,0	-	X	X	-		1,14	90,8	30	X	X	378,5		X	LG	
Naknek	5	15	puits	4	4,9 x 4,9	-	X	X	-		1,89	-	-	-	X	-	X			
Napakiak	6	39	puits	1	3,7 x 6,1	-	X	-	-	(18)	0,21	-	2,5	-	X	5,7	X			
Napaskiak	6	45	puits	1	7,3 x 9,8	-	X	X	X		-	3,8	-	-	X	15,1	X			
Nelson Lagoon	2	16	puits	1	2,4 x 2,4	-	X	X	-		-	-	-	-	-	2,4	X			
Nenana	9	150	puits	3	12,2 x 14,6	X	X	X	X		-	18,9	60	X	-	567,8		3	RBD	R
New Koliganek	5	20	puits	3	4,9 x 7,3	-	X	X	-		1,89	-	15	X	X	-			ST	D
New Stuyahok	5	37	puits	3	4,9 x 7,3		X	X	-		1,14	-	-	X	-	113,6			ST	D
Newhalen	5	17	puits	2	9,8 x 11,0	-	X	X	-	(19)	1,89	15,1	15	X	X	-	X			

INVENTAIRE DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE (suite)

COMMUNITY SANITATION FACILITIES INVENTORY
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE

Mars 1982

			Eau														Égouts			
						Traitement					Alimentation en combustible		Groupe électrogène de la station de pompage (kW)	Système de chauffage		Réservoir de stockage de l'eau (l x 10^3)		Réseau public		
Ville ou village	RC*	Nombre d'habitations	Source d'approvisionnement	** Type de service	Taille des bâtiments (m x m)	Filtration	Au chlore	Au fluor	Au fer	Notes	Réservoir quotidien (l x 10^3)	Réserv. en vrac (l x 10^3)		Chaudière	Réchauffeur à l'huile		Syst. individuel	Station de relèvement	Traitement**	Élimination**
Nikolai	9	25	puits	2	12,2 x 12,2	-	X	X	-		1,89	56,8	15	X	-	37,9	X			
Nikolski	2	44	source	4	4,9 x 6,1	-	X	X	-	(19)	0,21	-	21	Électr.	X	189,3	X			
Ninilchik	8	125	puits	1	2,4 x 3,0	-	-	-	-	(20)	-	-	-	Électr.		-	X			
Noatak	11	74	puits	3	7,3 x 7,3	X	X	X			1,89	56,8	30	X	X	189,3		2	LG	
Nome	4	400	source	3			X	X	-	H	-	-	-	X	-	1 135,6			EX	O,H
Nondalton	5	40	lac	3	4,9 x 6,1	-	X	X	-		1,89	11,4	15	X	X	113,6		X	EX	O
Noorvik	11	86	rivière	3	30,5 x 18,3	X	X	X	-		1,14	113,6	30	X	-	378,5		X	LG(22)	
Northway (VSW)	9	16	puits	2															ST	D
Nuiqsut	3	30	lac	2	16,5 x 17,1	X	X	X	-		1,89	-	25	X	X	8 327,9	X		LG	
Nulato (VSW)	9	51	puits	2	4,9 x 4,9	-	X	X	-	(1)	1,89	-	-	-	X	-	-	-	EX,LG	
Nunapitchuk	6	70	puits	2	9,8 x 19,5	X	X	X	-		1,89	56,8	12	X	X	37,9	X			
Old Harbor	10	97	ruisseau	4	9,1 x 12,2	X	X	X	-		1,14	-	30	-	X	454,2			ST,LG	O
Oscarville	6	12	puits	1	3,7 x 6,1	-	X	-	-		0,21	-	-	-	X	3,8	X			
Ouzinkie	10	73	cours d'eau	4	4,9 x 7,3	X	X	X			1,89	-	20	-	X	492,1			ST	O
Perryville	5	25	ruisseau	4	4,9 x 14,0	X	X	X	-		1,14	-	-	-	X	-	X			
Pilot Station	6	30	puits	1/3	6,1 x 9,1	-	X	X	-		0,38	-	12	X	X	53,0			ST	D
Pitkas Pt. (VSW)	6	26	cours d'eau	2		X	X										X		(28)	D
Port Graham	7	40	ruisseau	4	4,9 x 7,3	X	X	X	-		0,21	-	-	Électr.	X	189,3			ST	O
Port Lions	10	61	cours d'eau	4	9,8 x 11,0	X	X	X	-		1,14	-	-	-	X	851,7			ST	O
Pt. Hope	3	70	étang	2	9,8 x 18,3	X	X	X	-		1,89	-	30	X	X	10 220,6	X		LG	O
Quinhagak	6	55	puits	2	9,8 x 19,5	X	X	X	-		1,89	56,8	12	X	X	227,1	X		ST	D
Russian Mission	6	38	puits	3	7,3 x 11,0	-	X	X	-		1,89	30,3	20	X	X	227,1			LG	
Sand Point	2	109	cours d'eau	4	8,5 x 9,8	X	X	X	-		1,89	-	-	-	X	378,5		2	EX	O
Savoonga	4	80	puits	2	15,8 x 9,8	-	X	X	-	(29)	1,89	87,1		X	X	389,9	X		ST	M
Saxman	12	70	ruisseau	4	4,9 x 7,3	X	X	X	-		-	-	-	Électr.		132,5			EX	O
Scammon Bay	6	35	cours d'eau	3	7,3 x 9,8	-	X	X	-		1,89	45,4	-	X	X	94,6	X	1	LG	
Selawik (VSW)		100	rivière	2		X	X	-	-					X	X				LG	
Shageluk	9	51	puits	2	12,2 x 9,1	-	X	X	-		1,89	60,6	-	X	X	-	X		LG	
Shaktoolik	4	31	rivière	2	19,5 x 9,8	X	X	X	-		1,89	56,8	15	X		3 005,6	X		ST	D
Sheldons Pt.(30)	6	25	rivière	1	9,8 x 12,2	X	X	X	-	(31)	1,14	30,3	-	-	X	7,6 - 37,9	X	1	LG	D
Shishmaref	4	90	étang	1	4,9 x 14,6	X	X	X	-	(29)	1,89	60,6	10	X		1 135,6	X			
Shungnak	11	34	rivière	3	12,2 x 18,3	X	X	X	-		1,89	121,1	30	X	X	757,1			LG	
Sitka Village	12									(33)										
South Naknek	5	37	puits	4	4,9 x 6,1	-	X	X	-		1,14	-	-	-	X	-	X	1	ST,SF	?
Stebbins	4	47	lac	2	8,5 x 14,6	X	X	X	-	(29)	1,89	30,3	12,5	X	X	1 892,7	X		ST	D
Stevens Village	9	25	rivière	1	9,8 x 19,5	X	X	X		(1)	1,14	18,9	12	X	-	37,9	X			
St. Marys	6	50	ruisseau	3	14,6 x 24,4		X	X			1,14	-	30	X	-	227,1		X	LG	
St. Michael	4	60	lac	1	14,0 x 4,9	X	X	X	-	(29)	2,27	-	-	X	X	567,8	X			
St. Paul	2	97	puits	4	4,9 x 4,9	-	X	X	-		-	-	-	Électr.	-	757,1	X		ST	D
Takotna	9	15	cours d'eau	1	7,3 x 11,0	X	X	X	-		1,89	30,3	20	X	X	41,6	X			
Tanacross	9	28	puits	3	9,8 x 9,8	-	X	X	-		5,68	56,8	-	X	-	90,8			ST	D
Tanana (VSW)	9	76	puits	2															ST	D
Tatitlek	7	40	eau superficielle	4	1,8 x 6,1	X	X	X	-		-	-	-	-	X	378,5			ST	D

INVENTAIRE DES INSTALLATIONS SANITAIRES EN ALASKA
ALASKA AREA NATIVE HEALTH SERVICE (suite)

Mars 1982

Ville ou village	RC*	Nombre d'habitations	Eau: Source d'approvisionnement	Eau: ** Type de service	Eau: Taille des bâtiments (m x m)	Eau: Traitement: Filtration	Eau: Traitement: Au chlore	Eau: Traitement: Au fluor	Eau: Traitement: Au fer	Eau: Traitement: Notes	Eau: Alimentation en combustible: Réservoir quotidien (l x 10^3)	Eau: Alimentation en combustible: Réserv. en vrac (l x 10^3)	Eau: Groupe électrogène de la station de pompage (kW)	Eau: Système de chauffage: Chaudière	Eau: Système de chauffage: Réchauffeur à l'huile	Eau: Réservoir de stockage de l'eau (l x 10^3)	Égouts: Syst. individuel	Égouts: Réseau public: Station de relèvement	Égouts: Réseau public: Traitement**	Égouts: Réseau public: Élimination**
Tetlin	9	32	puits	2	7,3 x 11,0	-	X	X	-		1,14	-	-	X	X	-	X		PT	
Teller	4	30	ruisseau	1	6,1 x 4,9	-	X	X	-	(35)	0,95	-	4,5		X	3,8	X			
Togiak	5	93	puits	3	7,3 x 12,2	X	X	X	-		1,89	22,7	50	X	X	227,1		2	LG	
Toksook Bay	6	52	puits	3	7,3 x 9,8	-	X	X	-		1,89	45,4		X	X	5 678,1		X	LG	O
Tuluksak	6	66	puits	2	9,8 x 19,5	-	X	X	X		1,89	53	15	X	X	37,9	X		LG	
Tuntutuliak	6	36	puits	1	3,7 x 3,7	-	X	-	-	(36)	0,21	-	2,5	-	X	7,6	X			
Tununak	6	50	cours d'eau	2	9,8 x 19,5	X	X	X	-		1,89	56,8	12	X	X	189,3	X			
Twin Hills	5	19	puits	3	7,3 x 7,3	-	X	X	-		Aucun	56,8	15	X	X	378,5			LG	
Tyonek	8	68	lac	4	6,1 x 7,3	X	X	X	-		-	-	-	Électr.		662,4	X			
Unalakleet	4	160	ruisseau	3	21,9 x 7,3	X	X	X	-	-	1,89	204,4	15/50	X	-	3 785,4		3	LG	
Unalaska	2	62	cours d'eau	4	6,1 x 11,0	X	X	X	-		-	-	-	Électr.	-	-	X		ST	D
Upper Kalskag	6	24	puits	3						(37)										
Venetie	9	48	puits	3	9,1 x 15,8	-	X	X	-		1,89	56,8	12	X	X	1 135,6	X			
Wainwright (EPA)	3	55	lac	2	30,5 x 18,3	X	X	X	-		?	?	X	X	X	3 785,4	X		EX	
Wales	4	30	source	2	9,8 x 18,3	X	X	X	-	(29)	1,14	30,3	10	X	X	1 892,7	X		ST	D
White Mountain	4	22	puits	2	9,8 x 15,8	-	X	X	-	(5)	1,89	75,7	12	X	X	18,9	X		ST	S
Yakutat	12	92	puits	4	7,3 x 4,9	-	X	X	-		-	-	-	Électr.		946,4		X	EX	O

NOTES:

(1) En construction
(2) Iode
(3) Rasé par les flammes
(4) Abandonné
(5) À l'étape de la conception technique
(7) Relié à Fairbanks
(8) Adoucissement
(9) Microfiltration et énergie éolienne
(10) Relié à Juneau
(11) Olsenville
(13) Sera construit par BIA/REAA/DEC
(14) Coagulation
(16) Système à Venturis
(17) BIA
(18) Traitement par lots à la chaux
(19) Énergie éolienne
(20) Manganèse
(21) Réseau sous pression
(22) Réseau sous vide
(28) Écoulement multiple (école, buanderie)
(29) Microfiltration
(30) BIA
(31) Coagulation à l'alun
(33) Relié à Sitka
(35) À construire
(36) Chaux
(37) Gelé en 1976
(38) Étang aéré et émissaire marin

*RC = Corporation régionale: 1 = Ahtna, 2 = Aleutian, 3 = Arctic Slope, 4 = Bearing Sea, 5 = Bristol Bay, 6 = Calista, 7 = Chugach, 8 = Cook Inlet, 9 = Doyon, 10 = Koniag, 11 = NANA, 12 = Sealaska

** TYPE DE SERVICE: 1 = point d'eau 2 = buanderie 3 = système de circulation 4 = réseau sous pression classique

MÉTHODE DE TRAITEMENT: EX = aération prolongée LG = lagunage MF = écoulement multiple PT = toilettes à fosse RB = disque biologique rotatif SF = filtre à sable ST = fosse septique

MÉTHODE D'ÉLIMINATION: B = baie C = aire de lessivage D = aire d'infiltration H = transport L = epandage M = marais O = océan R = rivière S = filtre à sable

PRESTATION DE SERVICES PUBLICS DANS LE CADRE DU PROGRAMME DES AFFAIRES INDIENNES ET INUITES

J.R. Benner, chef
Division des services municipaux
Services techniques et marchés
Ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa
et
S. Lam, chef
Division des services municipaux
Conception technique et architecture
Région de l'Alberta
Affaires indiennes et inuites

SOMMAIRE

Le présent article résume les activités liées à la prestation de services publics dans le cadre du Programme des affaires indiennes et inuites du ministère des Affaires indiennes et du Nord. Dans une perspective nationale, nous chercherons d'abord à préciser la portée et les objectifs de programme puis, dans une perspective régionale, nous tenterons de sensibiliser le lecteur aux besoins et aux conditions particulières de chaque collectivité.

PROFIL DU MINISTÈRE

Mandat. Il incombe au ministère canadien des Affaires indiennes et du Nord d'appliquer la politique et de mettre en oeuvre les programmes qui touchent les Indiens et les Inuit ainsi que les deux territoires du Nord. Il est plus particulièrement chargé:

- d'élaborer, de favoriser et d'appuyer des mesures qui répondent aux besoins et aux aspirations des Indiens et des Inuit et permettent d'améliorer leur situation sociale, culturelle et économique;
- de veiller au respect des obligations qu'impose la loi, dans les rapports avec les Indiens et les Inuit;
- d'encourager le développement économique et l'évolution politique ordonnée du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest, et
- de régler les revendications et les griefs en rapport avec l'utilisation et l'occupation traditionnelles des terres par les autochtones, dans les régions du Canada où ce droit ancestral n'a pas été annulé par traité ou remplacé par une loi.

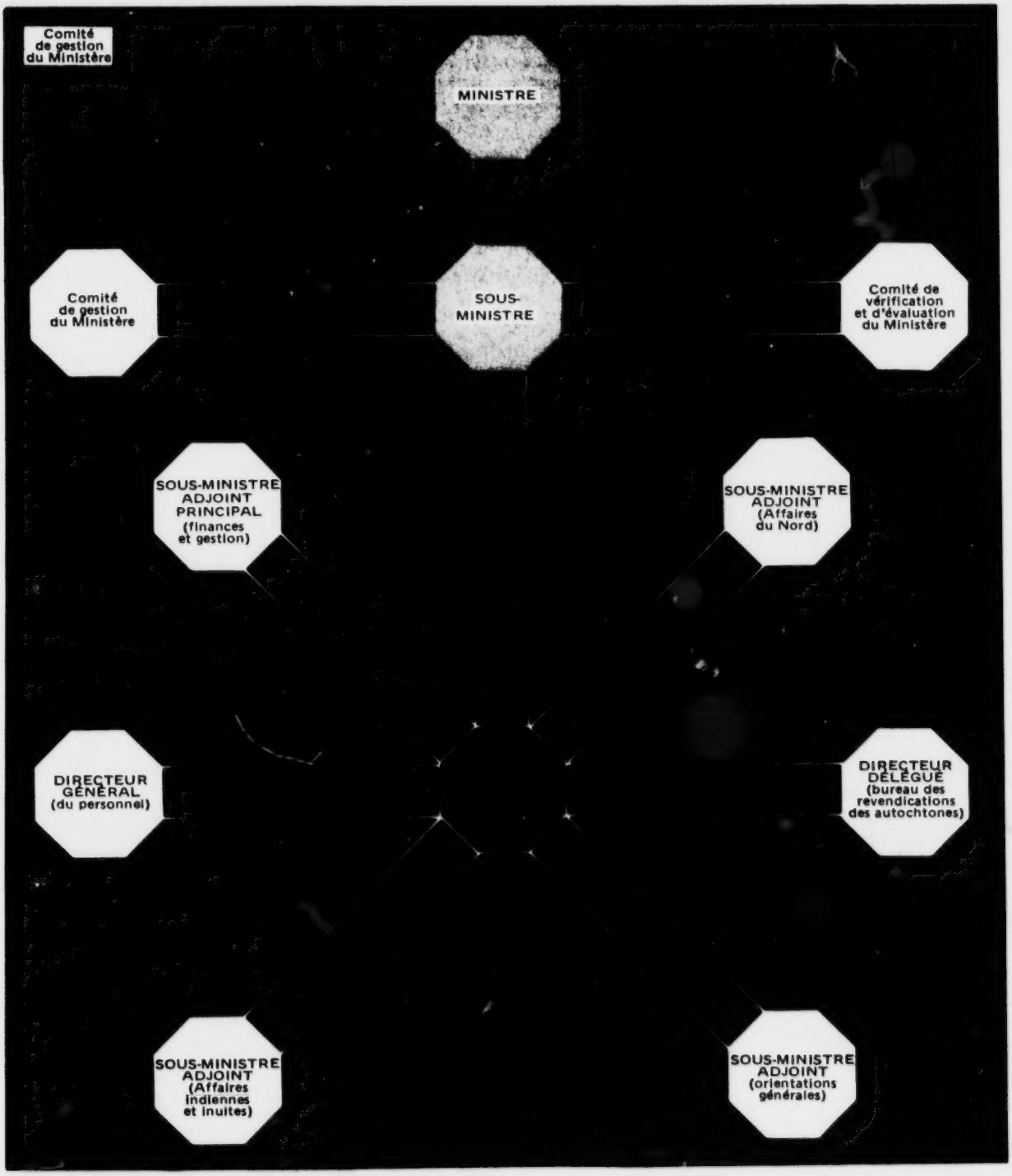
La responsabilité de la prestation de services publics aux collectivités indiennes et inuites est partagée entre les gouvernements territoriaux, provinciaux et fédéral.

- La prestation de services publics à toutes les collectivités des Territoires du Nord-Ouest relève du gouvernement territorial (T.N.-O.).
- La prestation de services publics aux collectivités autochtones du territoire du Yukon relève en partie du Programme des affaires indiennes et inuites et en partie du gouvernement territorial du Yukon.

Note. La Commission d'énergie du Nord canadien (CENC) est chargée de l'alimentation en électricité des agglomérations des deux territoires.

PERSPECTIVE NATIONALE

Organisation du Ministère. L'organigramme du ministère des Affaires indiennes et du Nord se présente comme suit:



- La prestation de services publics aux agglomérations inuites du Nouveau-Québec et du Labrador relève maintenant des gouvernements provinciaux du Québec et de Terre-Neuve, respectivement.
- La prestation de services publics à toutes les collectivités indiennes des réserves de l'ensemble des provinces relève du Programme des affaires indiennes et inuites.

Le présent article s'intéresse aux activités d'aménagement de services publics qui relèvent du Programme des affaires indiennes et inuites.

AFFAIRES INDIENNES ET INUITES

Les activités du Programme des affaires indiennes et inuites visent les quelque 303 000 Indiens inscrits aux termes de la Loi sur les Indiens et les quelque 7750 Inuit qui vivent au Nouveau-Québec, au Labrador ou au sud du 60^{e} parallèle, dans les autres régions du pays.

Le Programme applique des dispositions de la Loi sur les Indiens, notamment celles qui ont trait à l'inscription des Indiens en vertu de la Loi, aux questions relatives aux terres des réserves et aux autres ressources des Indiens, ainsi qu'aux élections dans les bandes. Il prend les mesures administratives nécessaires pour faire en sorte que le gouvernement remplisse les obligations que lui imposent, envers les Indiens et les Inuit, la Loi sur les Indiens et les traités.

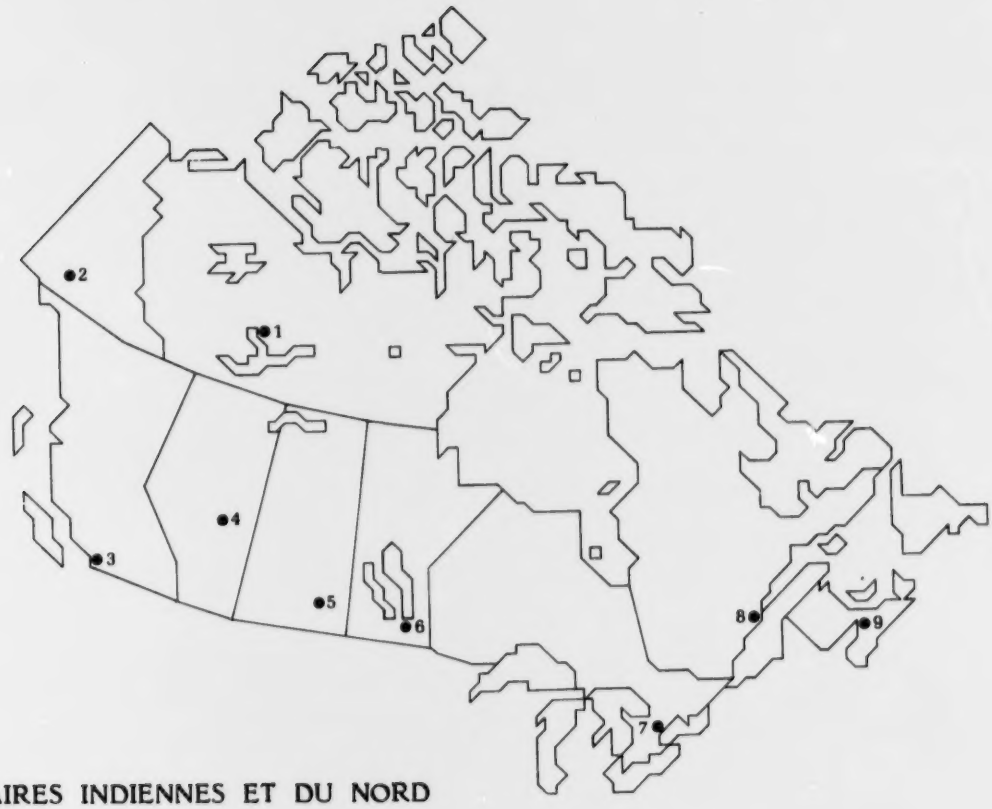
Conformément au principe consistant à favoriser le développement autonome des autochtones, à leur ouvrir des horizons et à leur permettre de jouer un rôle actif au sein de la société canadienne, le Programme des affaires indiennes et inuites vise à les aider dans leurs besoins et leurs aspirations d'ordre culturel, social et économique. Il s'assure également que le Canada remplit les responsabilités que lui imposent la Constitution et les lois envers les Indiens et les Inuit.

Le Programme des affaires indiennes et inuites applique 21 lois, dont la principale est la Loi sur les Indiens, qui:

- définit le statut d'Indien;
- délimite les droits des Indiens;
- détermine les attributions en matière d'éducation, de réserves, d'administration des bandes et de gestion des fonds;
- contient bon nombre de dispositions des traités, et
- précise les responsabilités en ce qui a trait aux questions touchant les Indiens.

En fait, la Loi sur les Indiens établit une relation juridique et administrative directe entre le gouvernement fédéral et les Indiens inscrits. Il incombe au Ministère, dans le cas des Indiens qui vivent dans les réserves, de s'occuper de certains domaines dont la juridiction relève habituellement des gouvernements provinciaux et des administrations municipales: mentionnons l'éducation, l'aide sociale, les services locaux de lutte contre les incendies, de police et de protection de l'environnement et la mise sur pied de services collectifs.

Régions. Le Programme des affaires indiennes et inuites compte neuf bureaux régionaux à travers le Canada: un dans chacun des territoires, un dans la région de l'Atlantique et un dans chacune des autres provinces concernées, soit la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan, le Manitoba, l'Ontario et le Québec.



AFFAIRES INDIENNES ET DU NORD

1. Territoires du Nord-Ouest,
   5110-50th Avenue,
   Edifice Gallery, 3e étage
   Boîte postale 2760,
   Yellowknife, T.N.-O.
   X0E 1H0

2. Territoires du Yukon,
   Boîte postale 4100,
   Whitehorse, Territoires du Yukon
   Y1A 3S9

3. Colombie-Britannique,
   Pacific Centre Limited,
   700 West Georgia Street,
   Boîte postale 10061,
   Vancouver, C.-B.
   V7Y 1C1

4. Alberta,
   9942-108th Street,
   Edmonton, Alberta
   T5K 2J5

5. Saskatchewan,
   2332-11th Avenue,
   Regina, Saskatchewan
   S4P 2G7

6. Manitoba,
   275 Portage Avenue,
   Chambre 1100,
   Winnipeg, Manitoba
   R3B 3A3

7. Ontario,
   55 St. Clair Ave. East,
   5e étage
   Toronto, Ontario
   M4T 2P8

8. Québec,
   Boîte postale 8300,
   Ste-Foy, Québec
   G1V 4C7

9. Atlantic,
   40 Havelock Street,
   Boîte postale 160,
   Amherst, Nouvelle-Écosse
   B4H 3Z3

Répartition des bandes indiennes et conditions de vie. En 1979, 573 bandes indiennes étaient officiellement reconnues. La figure 1 montre la répartition des bandes indiennes au Canada.

Taille de la bande. La taille moyenne d'une bande est passée d'environ 350 en 1960 à près de 525 en 1979, la plus petite bande étant celle de Westminster avec deux membres et la plus importante celle des six nations de Grand River avec 9950 membres.

La majorité des Indiens vivent en bandes comptant moins de 1000 membres (certains vivant hors réserve). Le plus fort pourcentage des bandes appartient au groupe de 301 à 1000 membres (39 p. 100), tandis que 173 bandes (31 p. 100) comptent des populations de 101 à 300 Indiens. La figure 3 présente le pourcentage de population dans les divers groupes.

Les Indiens du Canada forment 10 groupes linguistiques différents et parlent 58 dialectes à travers le pays.

En 1961, on comptait environ 180 000 Indiens au Canada. En 1979, on en comptait 300 000 répartis en 573 bandes. Environ 30 p. 100 d'entre eux vivaient à l'extérieur des réserves, comparativement à moins de 60 p. 100 en 1966.

Les bandes indiennes vivent dans des réserves dont elles ont la jouissance exclusive en vertu de traités ou d'autres ententes légales, sauf dans le Nord. Il y a 2242 parcelles distinctes de terre de réserve couvrant une superficie totale de 25 954 km^2. Cette étendue est restée relativement la même depuis 1960.

Près de 60 p. 100 de la population indienne habite les régions rurales ou éloignées, comparativement à 25 p. 100 de la population nationale.

La taille moyenne d'une famille, maintenant légèrement inférieure à 5 personnes, semble se rapprocher lentement du niveau national, plus faible, d'environ 3,5 personnes.

Population. Au moment de la Confédération, il y avait de 100 000 à 125 000 Indiens. Après être tombée à un peu plus de 100 000 en 1920, la population a triplé pour atteindre plus de 300 000 (figure 4).

Les Indiens constituent un plus fort pourcentage de la population provinciale dans l'Ouest, et cette tendance s'accentue de plus en plus (figures 5 et 6). Ainsi, en Saskatchewan, le pourcentage d'Indiens dans la population de la province est passé de 3,3 à 5 p. 100 de 1966 à 1976. Au Manitoba, le pourcentage est passé de 3,3 p. 100 en 1966 à 4,3 p. 100 en 1976.

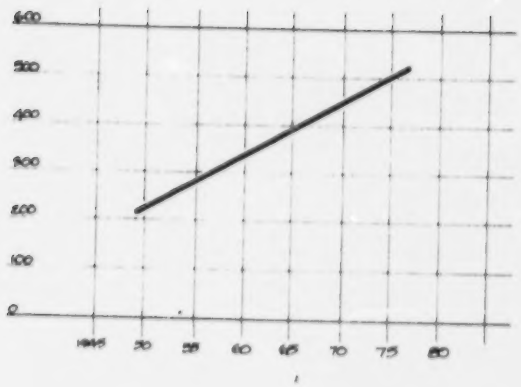
Accessibilité aux régions urbaines. Les Indiens sont représentés dans toutes les régions du pays, y compris les zones urbaines, semi-urbaines, rurales et éloignées (figure 7).

Près des deux tiers de la population indienne habitent des agglomérations rurales ou éloignées, qui ne sont accessibles en grande partie que par la voie des eaux ou des airs (figure 8).

Malgré les améliorations apportées aux modes de transport (construction de routes, création de lignes aériennes et ferroviaires) et l'ouverture de régions éloignées grâce aux projets de mise en valeur des ressources, les Indiens restent isolés des marchés du travail et du commerce.

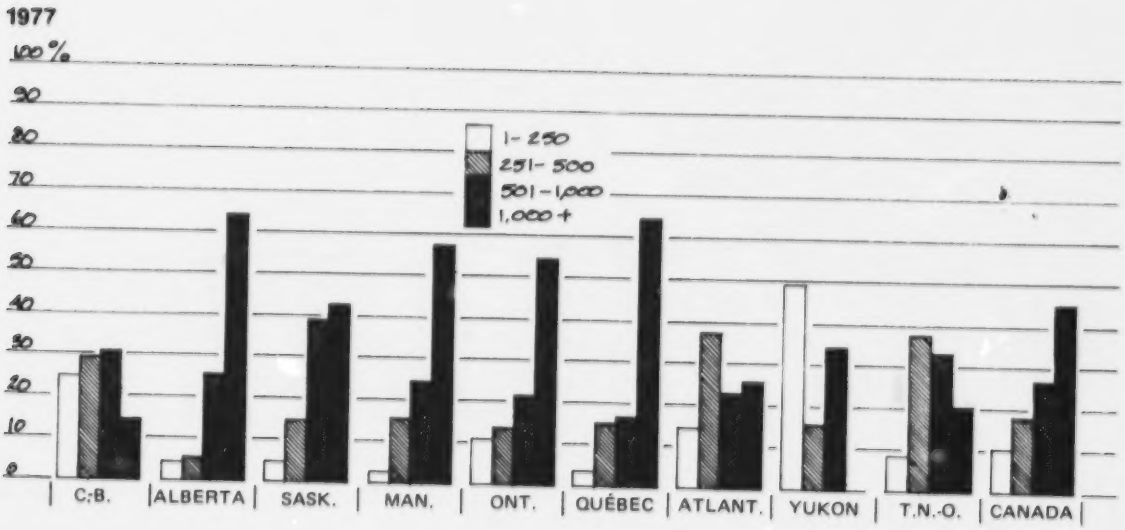
Source:
"Population indienne inscrite selon le sexe et le lieu de résidence", ministère des Affaires indiennes et du Nord, 1977.

FIGURE 1 RÉPARTITION DES BANDES INDIENNES



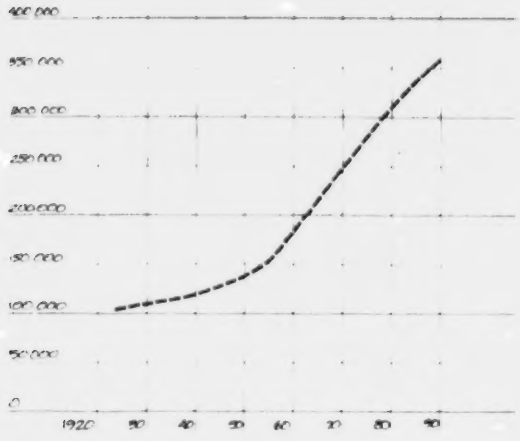
Source:
"Population indienne inscrite selon le type de résidence dans les provinces", MAIN, 1978.

FIGURE 2 TAILLE MOYENNE DES BANDES INDIENNES



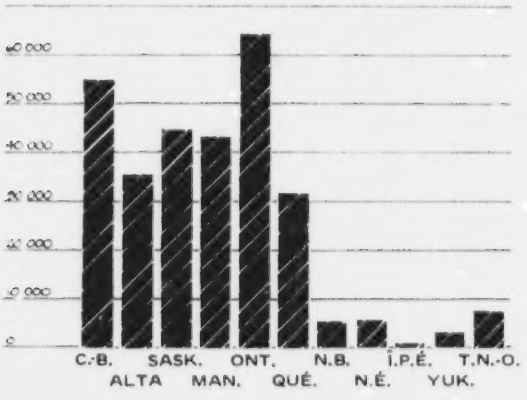
Source:
"Population indienne inscrite, nombre et pourcentage des bandes selon le groupe (taille) et la région", MAIN, 1977.

FIGURE 3 POURCENTAGE DE LA POPULATION INDIENNE DANS CHAQUE GROUPE (TAILLE DES BANDES)



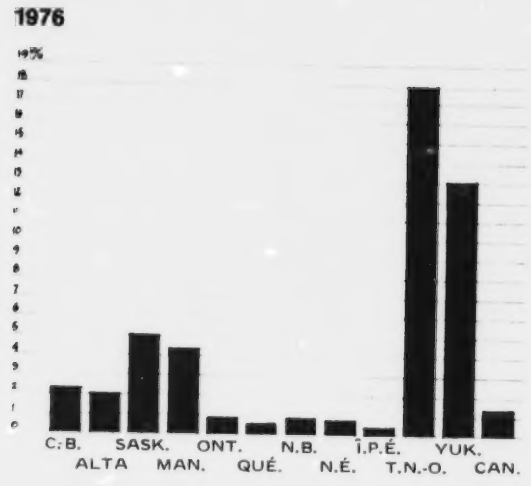
Sources:
"Population indienne inscrite, 1924-1977", MAIN, 1978.
"Prévisions de la population indienne inscrite d'après les hypothèses de fécondité moyenne au Canada 1973-1990".

FIGURE 4 POPULATION INDIENNE - NOMBRE D'INDIENS INSCRITS



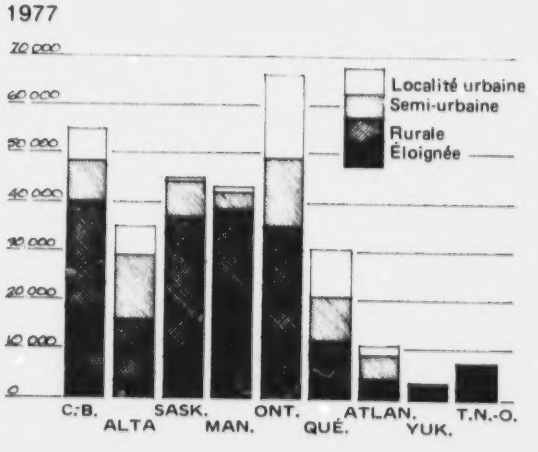
Source:
"Population indienne inscrite selon le sexe et la résidence", MAIN, 1977.

FIGURE 5 RÉPARTITION DE LA POPULATION INDIENNE PAR PROVINCE



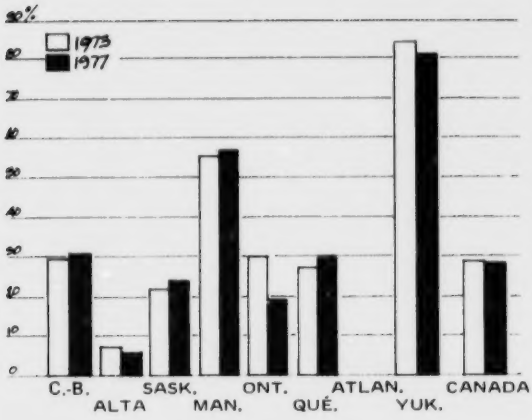
Source:
"Population indienne inscrite selon le sexe et le lieu de résidence", MAIN, 1977.

FIGURE 6 POURCENTAGE D'INDIENS PAR PROVINCE



Source:
"Population indienne inscrite selon la région, le lieu de résidence, la classification géographique le 31 déc. 1977", MAIN, 1979.

FIGURE 7 NOMBRE D'INDIENS DANS LES RÉSERVES SUIVANT LEUR PROXIMITÉ PAR RAPPORT AUX CENTRES URBAINS



Sources:
"Classification économique - Bandes indiennes du Canada", Direction générale du développement des Indiens et des Esquimaux, MAIN, déc. 1973.

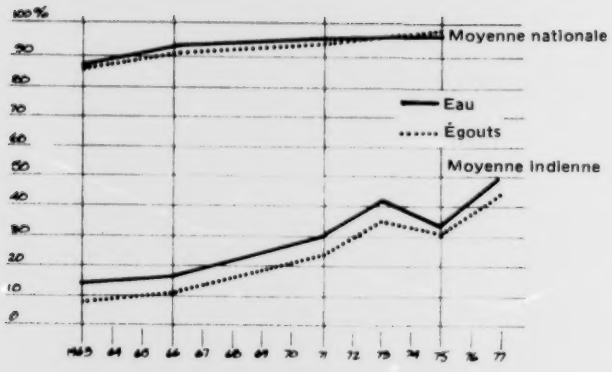
"Population indienne inscrite selon la région, la résidence et la classification géographique le 31 déc. 1977", Direction générale de la recherche, MAIN, 1979.

FIGURE 8 POURCENTAGE DE LA POPULATION INDIENNE VIVANT DANS DES ENDROITS ÉLOIGNÉS

Prestation de services aux collectivités. Dans les réserves, le pourcentage des habitations qui ont l'électricité se rapproche des niveaux nationaux. Le pourcentage de celles qui sont munies d'installations d'approvisionnement en eau et d'égouts, malgré les améliorations considérables apportées depuis 15 ans, y est toujours très inférieur à la moyenne nationale (figures 9 et 10).

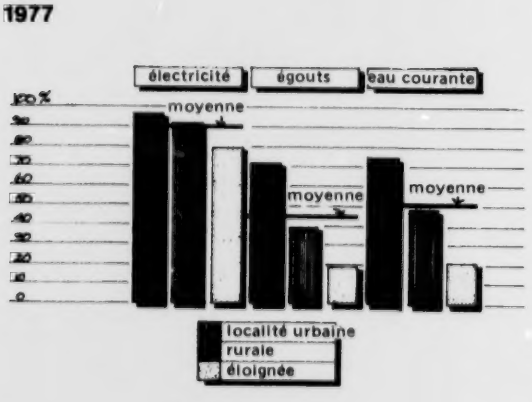
Les lacunes sont plus marquées dans les réserves rurales et éloignées, où moins de 40 p. 100 des maisons étaient dotées de l'eau courante, d'installations pour l'évacuation des eaux usées et d'une plomberie intérieure en 1977, comparativement à plus de 60 p. 100 dans toutes les habitations rurales canadiennes (figures 11 et 12).

Dans 100 agglomérations ou plus disposant sur place d'installations de production d'énergie au diesel, les résidences ne disposent souvent que d'un service limité (20 A). Ces localités sont habituellement situées dans des régions nordiques et rurales isolées, où le coût du combustible est exorbitant parce qu'il doit être transporté par avion.



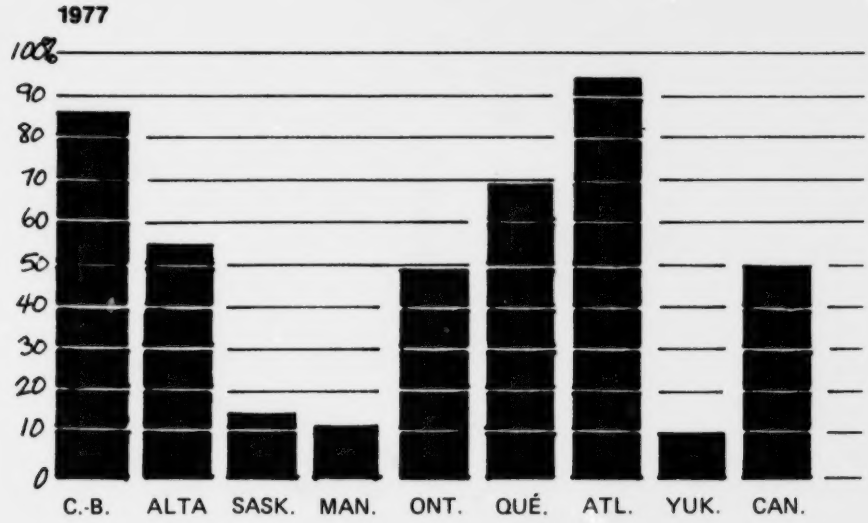
Sources:
"Enquête biennale sur les conditions de logement des Indiens", 1963-75, MAIN.
"Statistical Report: Listing of information Related to the Housing Needs Analysis", 1977, MAIN.
"Équipement ménager", nº de catalogue 64-202, Statistique Canada.

FIGURE 9 HABITATIONS INDIENNES DOTÉES DE SERVICES D'EAU ET D'ÉGOUT



Source:
"Statistical Report: Listing of Information Related to the Housing Needs Analysis", 1977, MAIN.

FIGURE 10 ÉTAT DES SERVICES PUBLICS DANS LES HABITATIONS INDIENNES EN FONCTION DE LA LOCALISATION



Source:
"Statistical Report: Listing of Information Related to the Housing Needs Analysis", 1977, MAIN.

FIGURE 11 HABITATIONS INDIENNES AYANT L'EAU COURANTE

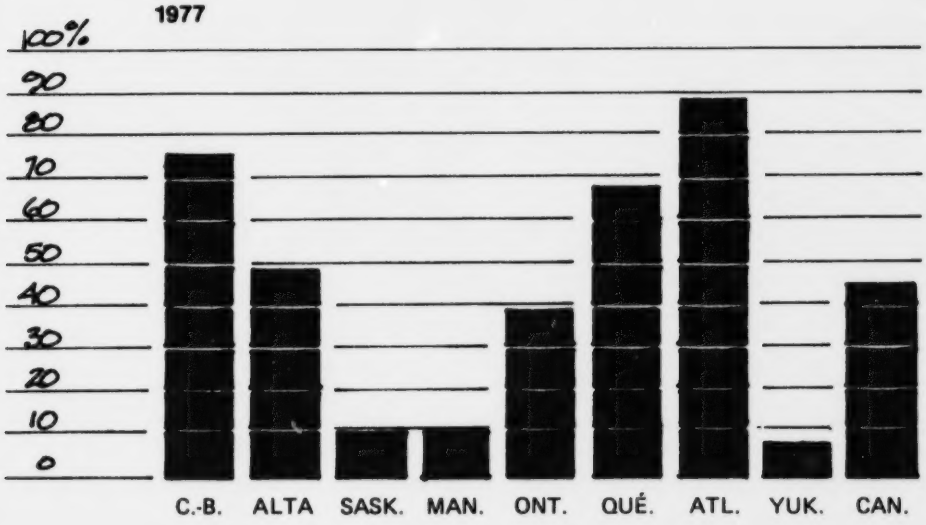


FIGURE 12 HABITATIONS INDIENNES ÉQUIPÉES DE CANALISATIONS D'ÉGOUT OU DE FOSSES SEPTIQUES

Les données précédentes, tirées principalement des deux rapports cités ci-dessous, ont été présentées afin de donner une vue d'ensemble de certaines des conditions physiques liées à l'aménagement des services publics dans les agglomérations indiennes. Ces rapports fournissent d'autres renseignements sur le Ministère et ses programmes, et sur les conditions sociales des Indiens.

QS-3217-000-BB-A1
Nº de catalogue R1-1981
15 BN 0-662-51604-4

Indian Conditions: a survey
QS-5141-000-EE-A2
Nº de catalogue R32-45/1980E
15BN 0-662-10852-3

LES DIFFÉRENTES FORMES DE SERVICES PUBLICS

Si l'on prend en compte, outre les facteurs que nous venons d'examiner, les conditions physiques variables existant dans les réserves (degré de pénétration du gel, pergélisol, conditions pédologiques, précipitations, évaporation, etc.), de même que les différents niveaux de développement et de compétences techniques et administratives disponibles dans les collectivités, il est très évident que les méthodes utilisées pour faire bénéficier les Indiens des services publics couvrent la gamme complète des solutions qui s'appliquent aux petites agglomérations.

À l'échelle régionale, les divers niveaux de service peuvent être attribuables à des variations dans les priorités d'investissement en capital des dix ou vingt dernières années, à l'accessibilité des bandes et à la différence des modes de vie.

Dans le manuel de référence du ministère des Affaires indiennes et du Nord DRM 10-7/67, intitulé Indian Housing Infrastructure Standards, en peut lire ce qui suit:

"L'objectif du Ministère est d'aider les bandes indiennes, au moyen des fonds qui leur sont destinés, à se doter d'un système d'approvisionnement sûr en eau potable, d'un système adéquat d'élimination des déchets, de routes carrossables et de services d'alimentation en électricité. L'objectif général est de permettre aux agglomérations indiennes de se doter d'une infrastructure équivalente à celle des autres localités de la même région géographique. Toutefois, le niveau de service qu'il sera possible d'atteindre dépendra finalement de facteurs d'ordre technique et économique."

Dans ce qui suit, nous décrivons brièvement les différentes possibilités en matière d'approvisionnement en eau et d'évacuation des eaux usées.

APPROVISIONNEMENT EN EAU

Tous les réseaux domestiques d'approvisionnement en eau doivent offrir une eau potable d'une qualité conforme aux Normes et objectifs concernant l'eau potable au Canada, 1968, ministère de la Santé et du Bien-être social du Canada.

Niveau VI. On doit trouver une source d'approvisionnement, transporter l'eau soi-même et la traiter, si nécessaire. L'eau peut provenir d'une source superficielle ou d'un puits.

Niveau W2. Il existe un système collectif d'approvisionnement en eau comportant un ou plusieurs points d'eau, où les résidents peuvent se procurer de l'eau potable. Les règles suivantes doivent être respectées:

a) La quantité d'eau disponible en un point d'eau ne doit pas être inférieure à 25 litres par personne et par jour.
b) La distance entre un point d'eau et une résidence ne doit pas dépasser 100 mètres. Chaque point d'eau doit, si possible, desservir au moins 10 maisons.
c) Chaque point d'eau doit avoir un débit d'au moins 45 litres par minute.

Niveau W3. Eau potable livrée par véhicule à domicile, en quantités limitées. L'eau doit provenir d'une source superficielle, d'un puits, ou des deux. Le traitement nécessaire est effectué avant la livraison. L'eau traitée peut également être achetée dans une autre agglomération puis être livrée aux résidences. Les normes concernant ce niveau de service sont les suivantes:

a) Les camions-citernes doivent livrer un minimum de 25 l/pers./d et un maximum de 90 l/pers./d.
b) Des réservoirs résidentiels pour le stockage de l'eau doivent être fournis. La capacité minimale recommandée est de 1000 litres.

Niveau W4. Un réseau d'alimentation en eau potable sous pression répond à toutes les exigences résidentielles habituelles. Le réseau de canalisations sous pression peut avoir (ou non) un débit suffisant pour la lutte contre l'incendie, et il peut exister un système de puits individuels. Au niveau W4 il existe plusieurs possibilités:

Niveau W4A. Un réseau de distribution sans capacité de lutte contre les incendies répond aux besoins habituels des ménages.

L'ensemble comporte un réseau d'approvisionnement en eau, des installations de traitement et de stockage et un système de distribution aux résidences et autres consommateurs du réseau. On peut également trouver un système individuel sur place comprenant un puits ordinaire ou un puits foré, une pompe à eau, un réservoir sous pression et une installation de traitement.

Les normes en vigueur sont les suivantes:

a) Le réseau doit fournir un minimum de 180 l/pers./d* aux résidences, en plus de satisfaire aux autres besoins de l'agglomération, c'est-à-dire d'approvisionner les écoles, postes de soins, salles de réunion de la bande et bâtiments commerciaux et industriels.
b) Dans le réseau de distribution, la pression maximale ne doit pas dépasser 700 kPa. La pression minimale ne doit en aucun cas descendre en deçà de 140 kPa. Les pressions normales de fonctionnement doivent être de 300 à 400 kPa.

---

* Des débits plus élevés peuvent être justifiables dans les agglomérations où les conduites d'eau sont purgées pour empêcher le gel, où les conduites maîtresses sont sujettes à des fuites excessives, etc.

Niveau W4B. Un réseau de distribution ayant un débit d'eau d'incendie répond à l'ensemble des besoins de l'agglomération.

Il existe une source d'approvisionnement en eau superficielle ou un puits, des installations de traitement et de stockage et un réseau de distribution muni de bouches d'incendie.

Les normes en vigueur sont les suivantes:

a) Le réseau doit fournir au moins 180 l/pers./d aux résidences. Ces exigences domestiques s'ajoutent à la demande engendrée par la lutte contre l'incendie et les autres besoins commerciaux, industriels et institutionnels.
b) La pression maximale du réseau de distribution ne doit pas dépasser 700 kPa. La pression minimale ne doit pas être inférieure à 140 kPa pendant un incendie, et à 280 kPa dans les conditions normales d'exploitation.
c) La capacité du réservoir de stockage doit être suffisante en cas d'incendie, en plus de répondre à la demande des particuliers.
d) Le débit d'eau d'incendie doit être conforme à la "Norme pour les réseaux d'alimentation en eau" du commissaire fédéral des incendies, CF1 nº 405.

ÉVACUATION DES EAUX USÉES

Niveau S1. Les résidents sont responsables de l'élimination des matières de vidange et des eaux usées. Des fosses d'aisance individuelles servent à se débarrasser des matières fécales et du contenu des toilettes chimiques. Les habitations qui ne sont pas équipées d'un système d'eau sous pression sont habituellement dans ces conditions. Les fosses d'aisance ne sont pas recommandées lorsqu'elles risquent de contaminer les sources d'approvisionnement en eau. Un puits d'infiltration sert souvent à éliminer les eaux de lavage.

La toilette à compost peut remplacer la fosse d'aisance. Ces toilettes intérieures, bien que plus pratiques, nécessitent toutefois un entretien supplémentaire. L'utilisateur de ces toilettes doit également en connaître le mode de fonctionnement et le suivre fidèlement.

Niveau S2. Collecte et évacuation de quantités limitées d'eaux usées domestiques grâce à un système de transport par véhicule. Les eaux usées, qui sont emmagasinées dans des réservoirs, sont recueillies régulièrement et dirigées vers une installation centrale de traitement et d'évacuation.

Les normes en vigueur sont les suivantes:

a) La quantité d'eaux usées à éliminer doit être calculée d'après les données de la consommation d'eau. Elle se situe entre 25 et 90 l/pers./d.
b) Les résidences doivent être munies d'un réservoir de stockage d'une taille appropriée au volume quotidien approximatif d'eaux usées et à la fréquence du pompage. La capacité minimale recommandée est de 1100 l.

Niveau S3. Service de collecte et d'élimination de toutes les eaux usées domestiques des résidences. On peut avoir des systèmes individuels sur place ou un réseau de canalisations pour la collecte, le traitement et l'élimination des eaux grises. À ce niveau de service S3 il existe plusieurs possibilités.

Niveau S3A. Les eaux usées d'une ou de plusieurs résidences sont déversées dans une fosse septique et sur le site d'une décharge près de la maison. Cette méthode permet de desservir les résidences équipées d'une plomberie complète ou partielle et offre les avantages d'un réseau d'égouts.

Les normes en vigueur pour les systèmes de niveau S3A sont les suivantes:

a) Ces systèmes doivent répondre aux normes provinciales sur les fosses septiques ou aux normes sur les fosses septiques de la SCHL, en suivant celles qui sont les plus strictes. S'il n'existe pas de normes provinciales, on applique les normes sur les fosses septiques de la SCHL. D'après celles-ci, on aura besoin d'une parcelle de 0,20 ha lorsque l'eau provient d'un puits et de 0,14 ha lorsqu'il existe un réseau de canalisations. Lorsque la pente du terrain dépasse 5 p. 100 la superficie minimale de la parcelle augmente de la façon suivante:

Pente du terrain	Superficie minimale de la parcelle
5 à 10 %	0,3 ha
10 à 20 %	0,4 ha

b) Le sol doit avoir une profondeur d'au moins 1 m entre le fond de la tranchée d'infiltration et la surface de la roche en place ou la nappe phréatique.
c) La détermination des marges de retrait, qui peuvent limiter l'emploi de ce système, doit être faite conformément aux normes provinciales ou à celles de la SCHL.

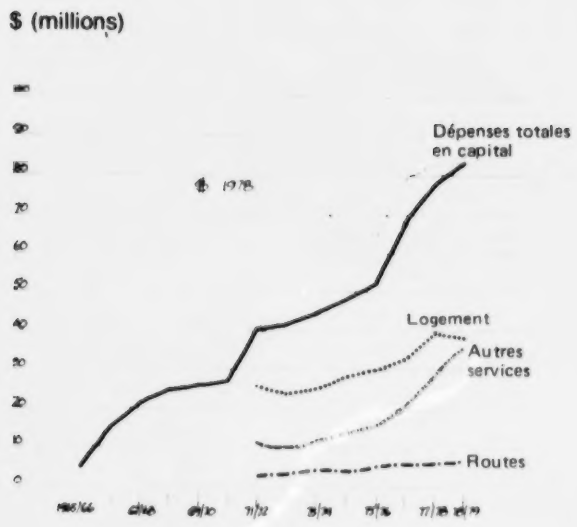
Niveau S3B. Les eaux usées de chaque résidence sont évacuées par un réseau d'égouts. Elles sont acheminées au moyen de collecteurs principaux gravitaires et de conduites de refoulement (si nécessaire), vers une installation centrale de traitement et d'évacuation des eaux usées. Ce système est utilisé dans les agglomérations à forte densité de population, ou lorsqu'il n'existe pas d'autre possibilité.

Les normes en vigueur pour les systèmes de niveau S3B sont les suivantes:

a) Les effluents des installations d'épuration doivent satisfaire aux exigences minimales de la norme du MAIN, DRM 10-7/68.2.1, Effluent Quality and Wastewater Treatment Standards for Indian Reserves.
b) En général, on peut considérer que la quantité d'eaux usées est égale à celle de l'eau fournie à une résidence ou un bâtiment. Il ne faut pas omettre de tenir compte du taux d'infiltration dans les égouts.

ACTIF À COURT TERME ET BESOINS EN CAPITAL

Les dépenses en capital engagées au titre de l'infrastructure des services publics augmentent régulièrement depuis 15 ans. Cette situation s'explique par le besoin pressant d'installations adéquates dans les réserves indiennes, mais aussi par les effets inflationnistes de l'économie. La figure 13 présente les dépenses en capital liées à l'aménagement des services publics dans les collectivités indiennes, de 1955-1956 à 1978-1979.



Source:
Rapports de gestion financière, MAIN.

FIGURE 13 DÉPENSES EN CAPITAL LIÉES À L'AMÉNAGEMENT DE SERVICES PUBLICS DANS LES COLLECTIVITÉS INDIENNES

En 1981-1982, le Programme d'immobilisations du Programme des affaires indiennes et inuites disposait de 193,7 millions de dollars, dont 42,6 millions (qui représentaient 22 p. 100 du montant global), étaient affectés à l'aménagement de services publics (voir figure 14).

Le coût de remplacement des installations d'approvisionnement en eau et d'élimination des eaux usées subventionnées par le Ministère est d'environ 400 millions de dollars. On estime que les dépenses liées à l'exploitation et à l'entretien atteindront 15 millions de dollars.

À l'actif du Programme d'immobilisations, on compte:

<u>Approvisionnement en eau</u>	
Mètres de conduites maîtresses	- 926 000
Puits individuels dans les agglomérations	- 916
Installations de traitement	- 222
Camions de livraison de l'eau	- 76
Véhicules d'incendie	- 123
<u>Collecte des eaux usées</u>	
Mètres de collecteurs principaux	- 437 000
Véhicules de pompage	- 16
Étang de lagunage	- 111
Usines de traitement mécanique	- 73

Il y a de plus des milliers de puits individuels et de fosses septiques dont la responsabilité incombe aux ménages ou aux organisations indiennes.

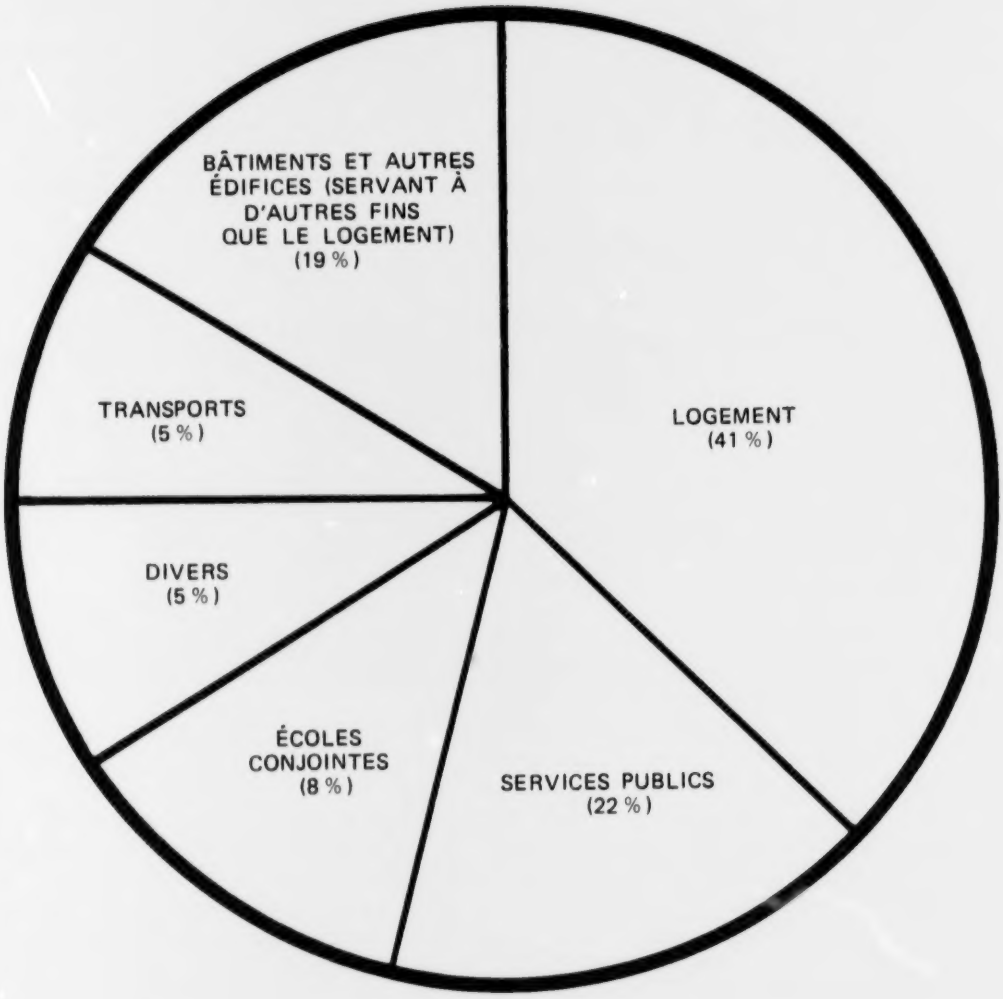


FIGURE 14 PROGRAMME D'IMMOBILISATIONS DE 1981-1982, AFFAIRES INDIENNES ET INUITES, 193,7 MILLIONS DE DOLLARS - RÉPARTITION DES FONDS SELON LE TYPE DE PROJET

MISE EN OEUVRE DES PROJETS

Tous les projets sont mis en oeuvre à l'échelle de la région, du district ou de la bande. Les projets subventionnés sont mis en application a) par le Programme des affaires indiennes et inuites ou b) par les bandes, grâce à une entente de participation.

Même s'il n'est pas rare que les projets d'approvisionnement en eau et d'évacuation des eaux usées demandent plusieurs millions de dollars, la majorité des projets dans les réserves ont une valeur inférieure à 250 000 dollars. La figure 15 montre la répartition des fonds selon la taille du projet. Un nombre croissant de bandes prennent en main la mise en oeuvre et la gestion des programmes qui concernent les réserves; les projets de petite envergure sont souvent exécutés par les bandes indiennes (voir la figure 16).

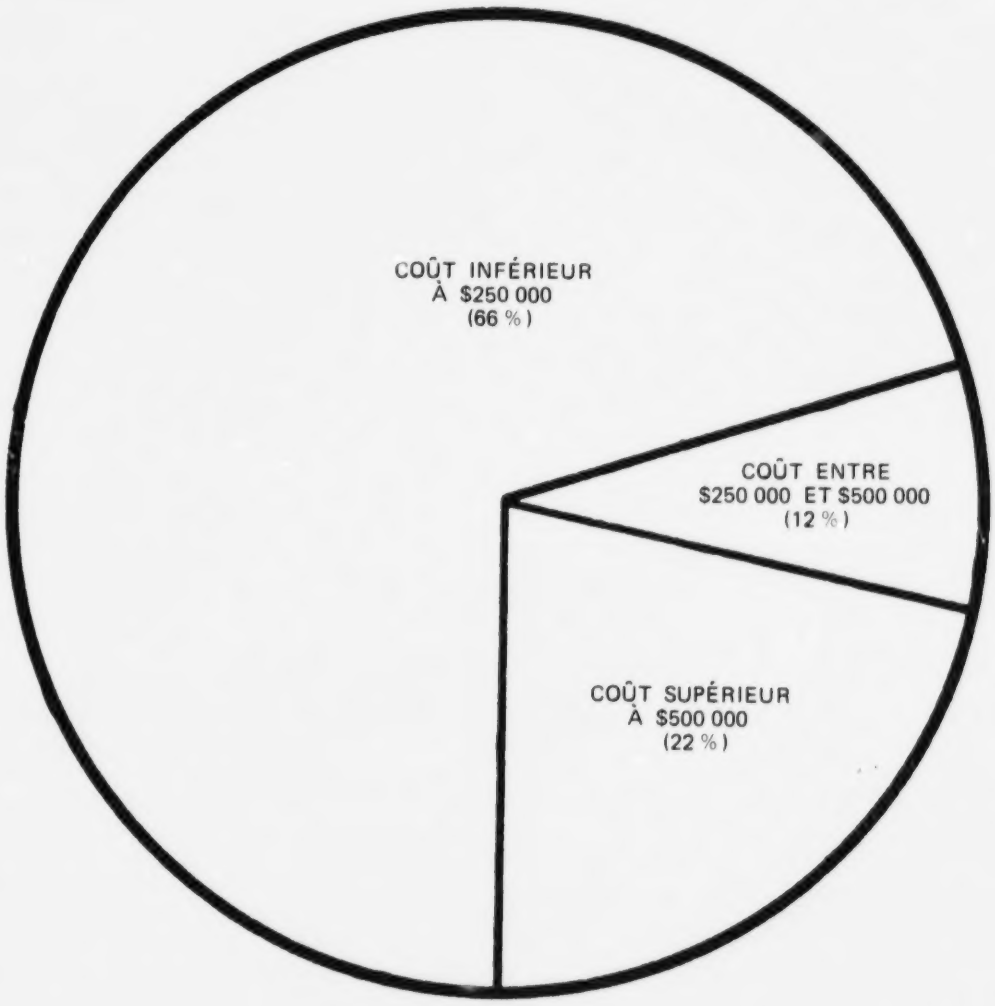


FIGURE 15 PROGRAMME D'IMMOBILISATIONS 1981-1982, AFFAIRES INDIENNES ET INUITES, 193,7 MILLIONS DE DOLLARS - RÉPARTITION DES FONDS SELON L'IMPORTANCE DES PROJETS*

* D'après la mise à jour du budget d'immobilisations en mars 1982 (nombre de projets).

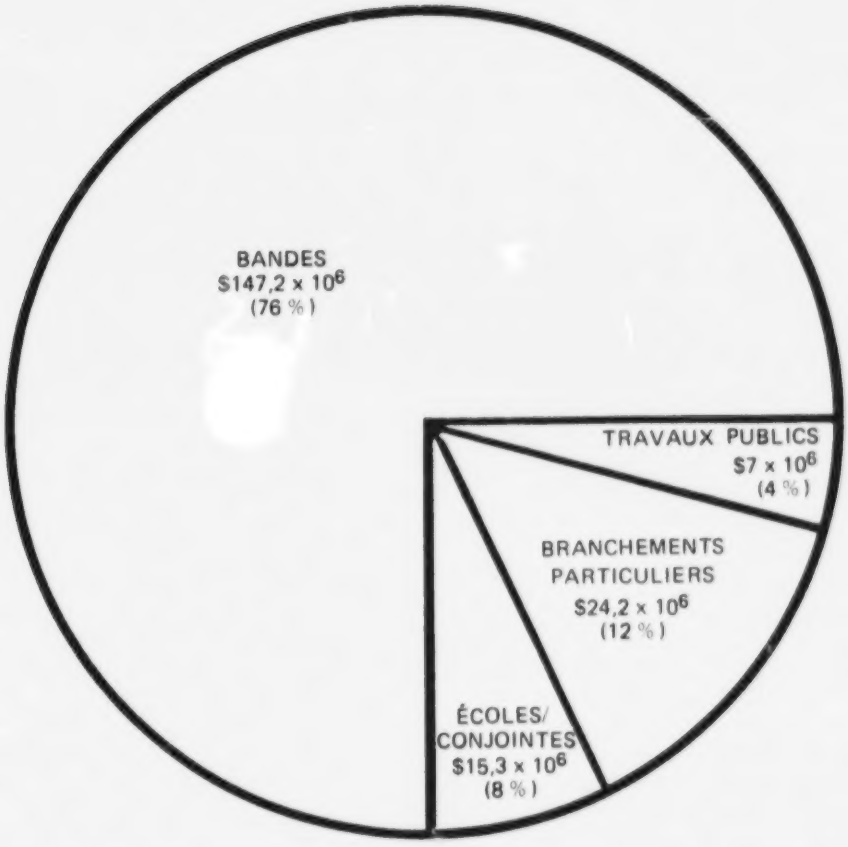


FIGURE 16 MISE EN OEUVRE DU PROGRAMME D'IMMOBILISATIONS, AFFAIRES INDIENNES ET INUITES, 193,7 MILLIONS DE DOLLARS

Les projets mis en oeuvre par les bandes grâce à des ententes de participation doivent être conformes aux codes et conditions techniques (Technical Terms and Conditions). Il s'agit pour le Ministère de s'assurer que l'on a recours aux compétences appropriées et qu'un contrôle adéquat est exercé pendant les diverses phases de la mise en oeuvre (planification, conception technique, construction et évaluation).

Certains des projets qui relèvent du Programme des affaires indiennes et du Nord sont réalisés par le ministère des Travaux publics pour le compte du Ministère.

SECTEURS DÉLICATS

De nombreux problèmes surgissent pendant toute la période de réalisation des projets et même après la mise en opération. Ces problèmes, tout en n'étant pas particuliers aux projets d'aménagement de services publics dans les régions froides, y sont plus sérieux: la panne temporaire d'un de ses éléments peut entraîner la perte totale d'un système. Les problèmes les plus courants auxquels on ait à faire face sont les suivants:

- manque de fonds pour répondre à la demande de services
- absence de plan directeur adéquat
- ignorance des besoins réels des usagers
- absence d'études appropriées sur le terrain
- évaluation incorrecte
- conception inappropriée (estimation des quantités, conditions techniques, besoins d'E & E, etc.)
- surveillance insuffisante des travaux de construction
- demande d'énergie excessive
- formation insuffisante des opérateurs
- rareté des pièces de rechange
- roulement de la main-d'oeuvre
- insuffisance des fonds affectés à l'E & E.

La seule chose dont on puisse être certain lors du choix d'un système destiné à être aménagé dans les régions nordiques, c'est que s'il comporte un potentiel de risque, des difficultés surgiront presqu'infailliblement. Compte tenu de ce fait, l'option retenue doit viser à minimiser l'utilisation d'un matériel mécanique et électrique complexe et de procédés biologiques et chimiques délicats.

BESOINS FUTURS

Le principal objectif du Programme des affaires indiennes et inuites est de s'assurer que toutes les collectivités bénéficient d'un approvisionnement sûr en eau potable et d'installations sanitaires adéquates, conformément aux besoins fondamentaux d'hygiène et de sécurité publiques.

Le deuxième objectif est d'aménager des installations qui répondent aux besoins de confort et de commodité des usagers.

Pour ce faire, il est essentiel que les fonds disponibles soient utilisés là où le besoin se fait le plus pressant et de la façon la plus efficace possible.

La planification des dépenses en capital comprend l'identification des collectivités où des services publics devront être aménagés, la détermination des priorités et l'établissement de plans quinquennaux. Toutefois, l'un des problèmes rencontrés vient de ce que les fonds disponibles ne nous permettent pas d'entreprendre de régler tous les cas en suspens; les ressources financières allouées à l'exploitation et à l'entretien sont d'ailleurs nettement insuffisantes.

PROGRAMMES DE L'ADMINISTRATION CENTRALE

Pour s'assurer de la réalisation des projets d'immobilisations comme de l'efficacité des politiques d'exploitation et d'entretien, la Direction générale des services techniques et des marchés de l'Administration centrale prend dès le départ un certain nombre de mesures, comprenant:

- la mise sur pied d'un système d'inventaire des immobilisations
- d'un système de gestion de l'entretien
- l'élaboration de politiques, normes, lignes directrices et codes techniques
- d'un ensemble de données sur les coûts de construction
- la fixation de coûts unitaires d'E & E
- la recherche de conditions techniques modèles
- des ententes de participation
- l'établissement de plans et devis.

La deuxième partie de cet article aborde la perspective régionale et traite de l'état de développement des agglomérations et des questions relatives à l'emplacement, des conditions sociales des collectivités, des considérations d'ordre technique, etc.

PERSPECTIVE RÉGIONALE - par S. Lam

Organisation ministérielle et politique. La figure 17 présente l'organisation ministérielle et politique des Affaires indiennes dans la région de l'Alberta.

La région de l'Alberta connaît trois programmes principaux et trois services fondamentaux. Les trois premiers sont les suivants: Gestion des immobilisations, Éducation et Soutien socio-économique. Les services comprennent: Génie et Architecture, Personnel, Finances et Administration. Les programmes sont responsables des fonds alloués aux bandes pour la construction de même que pour l'exploitation et l'entretien des installations collectives et éducatives.

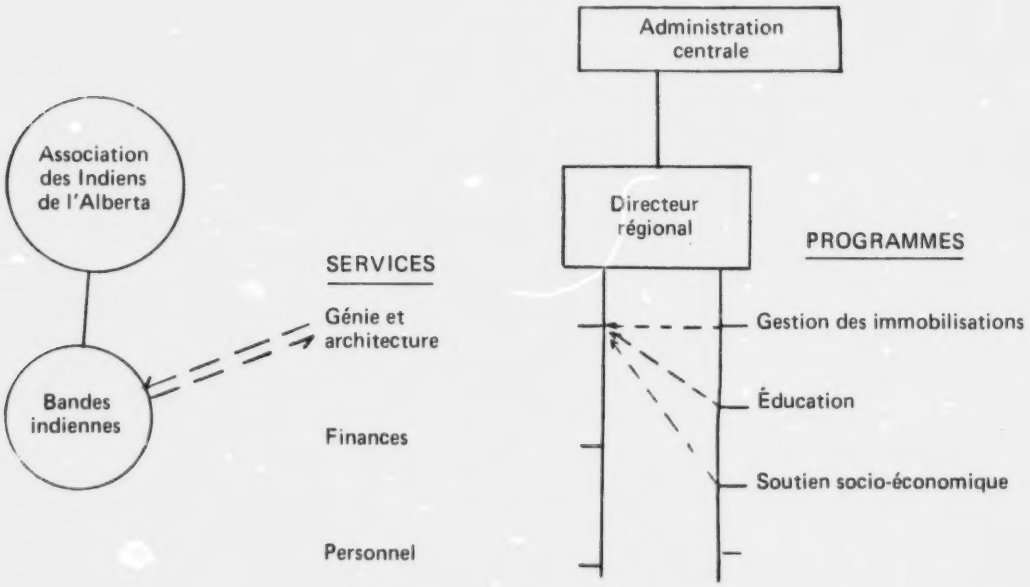


FIGURE 17 ORGANISATION MINISTÉRIELLE ET POLITIQUE DE LA RÉGION DE L'ALBERTA

La Direction générale du génie et de l'architecture est chargée d'acheminer ces fonds au client - les bandes indiennes - sous forme de projets d'immobilisations ou d'activités d'entretien.

Il existe 42 bandes indiennes en Alberta. Elles sont toutes dotées d'un chef et de quelques conseillers. Ils sont élus par les membres de la bande pour une période de deux ans.

En règle générale, les projets d'immobilisations sont suscités par les bandes, selon leurs besoins. Le programme de gestion des immobilisations sert à évaluer les fonds à allouer aux demandes de services, un système d'approvisionnement en eau par exemple. Une fois déterminé le montant de la subvention, la Section du génie et de l'architecture nomme un directeur de projet qui travaille avec le conseil de bandes à la planification, à la conception et à la réalisation du projet.

Répartition de la population. La région de l'Alberta compte 91 réserves indiennes. En novembre 1981, le nombre total d'Indiens inscrits y était de 39 346. La figure 18 montre la répartition des populations indiennes dans la région de l'Alberta.

Il existe 19 réserves regroupant une population totale de 22 241 Indiens dans le sud de l'Alberta (au sud d'Edmonton) et 72 dans le nord de l'Alberta, regroupant 17 105 Indiens. Les données démographiques se rapportent au nombre d'Indiens enregistrés dans les bandes en novembre 1981.

En règle générale, les réserves du sud de l'Alberta sont dotées de meilleures installations d'approvisionnement en eau et d'évacuation des eaux usées que celles du nord de la province, car les sources d'approvisionnement en eau convenables y sont plus nombreuses et l'accessibilité aux centres urbains est facilité.

La majorité des réserves du nord de l'Alberta ne sont pas dotées d'installations d'approvisionnement en eau et d'élimination des eaux usées satisfaisantes. Elles ont grandement besoin de l'aide du Ministère, en raison de l'absence de vie économique dans les agglomérations indiennes isolées. Le reste du présent article s'attache aux réserves du nord de la province.

MODE DE VIE

1. Même si la plupart des réserves du nord de l'Alberta sont desservies par des routes ouvertes à l'année ou par des routes d'hiver, elles sont toutes si éloignées des villes ou des centres de main-d'oeuvre qu'elles offrent peu de possibilités d'emploi. Beaucoup de résidents du nord de la province vivent encore de la chasse, du trappage et de l'exploitation forestière. Par conséquent, certaines familles doivent laisser la maison pendant une période prolongée au moment de la saison de la chasse et du trappage en hiver.

   Selon un relevé effectué en 1981 dans la réserve indienne John d'Or Prairie, 18 p. 100 des résidents ont indiqué qu'ils laisseraient leur maison vide pour une durée d'un mois à un moment de l'année.

   Lorsque les Indiens quittent leur maison pour aller trapper, ils amènent également les enfants, d'où une baisse de plus de moitié de la fréquentation scolaire en hiver dans certaines réserves.
2. La plupart des maisons dans les réserves du nord de l'Alberta ne sont pas dotées d'un système de chauffage automatique. On se sert de poêles à bois. Ainsi, si la famille part trapper, la température de la maison pourra descendre bien en-deçà du point de congélation.

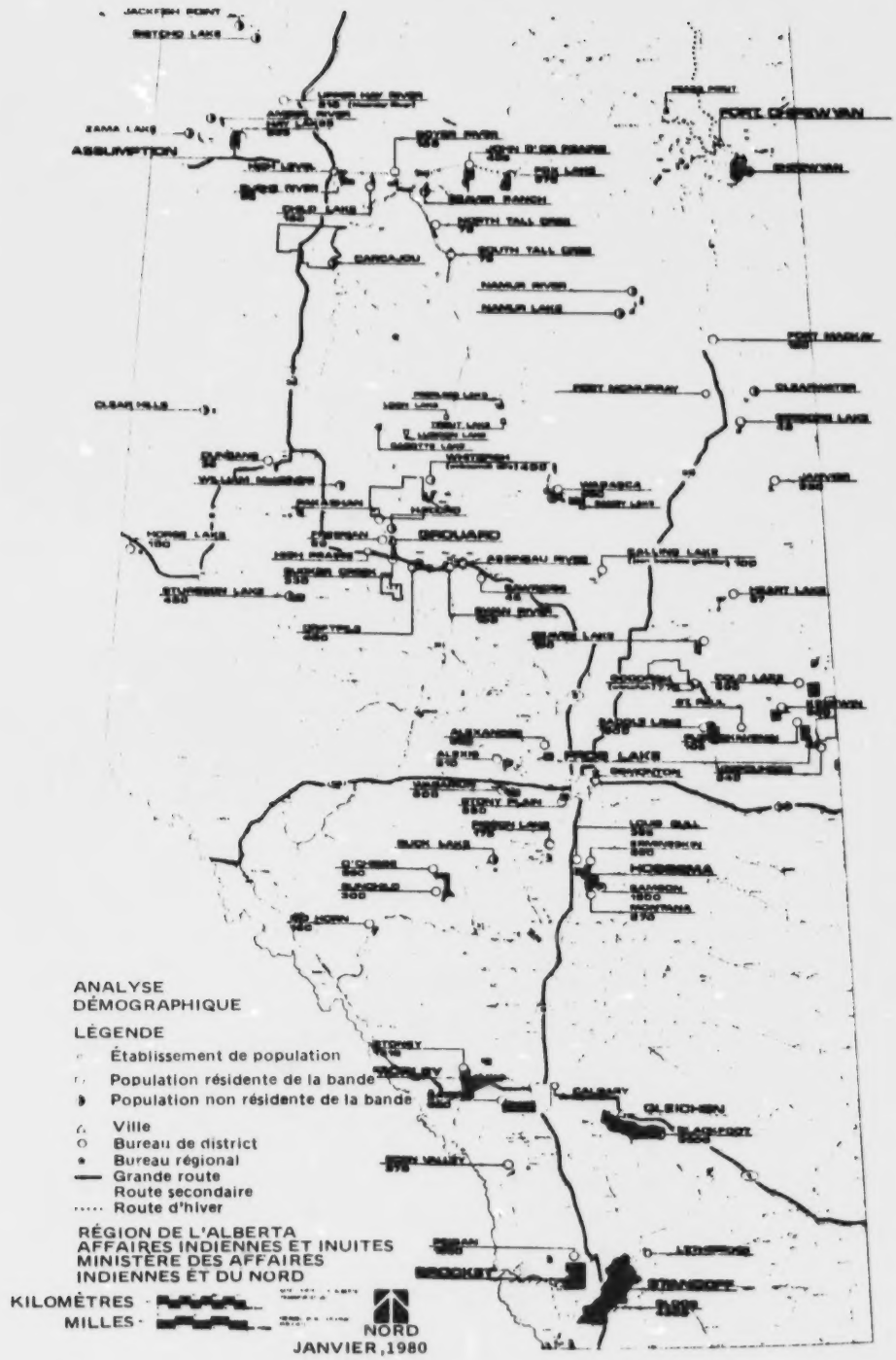


FIGURE 18 RÉPARTITION DES POPULATIONS INDIENNES DANS LA RÉGION DE L'ALBERTA

3. La plupart des maisons du nord de la province n'ont ni cuisine ni salle de bain. Les familles ont recours à des fosses d'aisance extérieures pour éliminer leurs eaux usées. Certaines tirent leur eau de puits individuels ou de points d'eau, si la réserve dispose d'un tel système d'approvisionnement. D'autres se contentent de puiser de l'eau dans les marécages avoisinants en été et font fondre de la neige en hiver.
   Les résidents des habitations qui ne sont pas équipées d'une plomberie consomment habituellement peu d'eau. Une enquête effectuée dans la réserve indienne John D'Or Prairie a révélé que 58 p. 100 des ménages interrogés allaient chercher de l'eau une fois par jour seulement.
4. L'an dernier, les habitants de la réserve indienne de Fox Lake se sont élevés contre le fait que la plupart des sources d'approvisionnement en eau étaient polluées. Des tests effectués par une infirmière spécialisée en hygiène publique ont montré que tous les puits présentaient des nombres élevés de coliformes. Notre enquête a révélé que la plupart des puits étaient peu profonds (10 à 15 m) et qu'ils étaient mal recouverts. Le cuvelage de bois de certains puits était pourri. La plupart des puits étaient contaminés par le ruissellement de surface. L'un des puits était situé à côté d'un corral, d'où le nombre élevé de coliformes fécaux.

Tous les énoncés ci-dessus font ressortir un point important: l'absence générale de compréhension des règles d'hygiène.

Aménagement des réserves indiennes et contraintes physiques. Lorsque l'on pénètre dans une réserve indienne, on note certaines caractéristiques communes à toutes les réserves.

1. La plupart des maisons sont construites le long de la grande route ou le long de l'unique route qui existe, selon un tracé linéaire. Les maisons sont très distancées. On peut trouver à l'occasion deux ou trois maisons construites l'une près de l'autre, mais elles appartiennent habituellement à la même famille.
   Les autochtones de l'Alberta sont différents de ceux de l'Ontario. En Alberta, ils préfèrent construire leurs maisons loin de l'eau. Ainsi, dans la réserve indienne de Cold Lake, seul un petit nombre de maisons sont construites dans la réserve nº 149A, située à l'extrémité du lac Cold, un lac magnifique pour la pêche et les loisirs. Soixante-dix pour cent des habitations ont été bâties dans la réserve principale nº 149, qui se trouvent à environ 15 km du lac Cold.
   Les autochtones aiment que leur habitation soit entourée d'arbres. Il n'est pas rare de voir des maisons se construire à un demi-kilomètre de la route et de 5 à 10 kilomètres du voisin le plus proche. Il ne semble pas exister de planification. Les gens bâtissent leur maison là où ils le désirent.
2. Depuis des années, le ministère des Affaires indiennes encourage la planification dans les réserves. Avant de construire un réseau public d'eau et d'égouts, on fait habituellement le plan des installations matérielles. Celui-ci prévoit l'aménagement d'une région centrale ou d'un ensemble de petits lots (30 x 40 m) qui justifient l'aménagement d'un réseau public. Toutefois, à voir l'état des maisons des nouveaux lotissements, on constate que cette approche est défectueuse. Les habitations sont en mauvais état, même si elles sont bâties en rangée ordonnée. Il n'y a guère d'arbres entre elles.
   Lorsque les gens ont déboisé le terrain pour y construire leurs maisons, ils ont fait disparaître tous les arbres du lotissement. Tout l'environnement a un air déprimant. Certaines des habitations des lotissements sont restées inoccupées; les fenêtres de

certaines d'entre elles sont bouchées par des planches. Dans la réserve indienne de Grassy Narrows, en Ontario, toutes les maisons d'une rue sont restées inoccupées et ont fini par devenir un lieu de prédilection pour les rats.

Ce type d'aménagement physique a tendance à engendrer des problèmes sociaux. Les autochtones considèrent que ce genre de lotissement urbain ou suburbain crée des quartiers insalubres.

Contraintes. L'administration régionale doit faire face à un certain nombre de contraintes pour aider les Indiens à aménager leurs réserves.

La plupart des réserves du nord de l'Alberta doivent compter avec des sols pauvres, des nappes phréatiques élevées et un ruissellement difficile. Le gravier nécessaire à la construction peut se trouver à 50 ou 100 km de là. Les réserves ont habituellement de bonnes sources d'approvisionnement en eau. Mais les conditions du sol ne permettent pas toujours l'aménagement de fosses septiques.

Certaines habitations ont été construites si loin de la route qu'elles nécessitent une longue canalisation et une allée. D'autres ont été mal construites. Elles n'ont ni cuisine, ni salle de bain, ni fondations adéquates. À Fort Chipewyan, on construit actuellement un réseau de canalisations d'eau et d'égouts pour desservir les habitations existantes. Lorsque les fondations ont été inspectées, on a découvert que certaines maisons ne reposaient que sur quelques blocs et que les poutres du plancher étaient faites de planches de 2 po x 4 po, le côté de 4 po (100 cm) reposant à l'horizontale. L'état des planchers rendait difficile l'aménagement du réseau.

Il arrive que le chef et le conseil ne choisissent pas, pour la construction des habitations, la région la meilleure sur le plan technique.

Le facteur isolement, l'espacement entre les habitations préconisé par les bandes et la pauvre qualité des emplacements et du sol sont des facteurs qui contribuaient à faire augmenter le prix des services publics par logement desservi.

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES

1. Le facteur primordial dont doit tenir compte l'ingénieur qui planifie l'aménagement de services publics dans une réserve indienne est la difficulté de trouver des opérateurs compétents. Il est toujours difficile de trouver quelqu'un d'assez qualifié pour exploiter et entretenir un simple système mécanique ou électrique. Même si une telle personne existe, on peut difficilement s'attendre à ce qu'elle soit disponible 24 heures par jour. Par conséquent, le concepteur du réseau, lorsqu'il envisage les diverses possibilités, doit toujours essayer de choisir celles qui nécessiteront le moins de mesures d'entretien.
2. Pour déterminer la capacité d'un système d'adduction d'eau ou de collecte des eaux usées dans la région principale, le concepteur doit tenir compte de l'effet d'un taux de croissance supérieur à la normale. Il pourrait se produire des déplacements de population d'une réserve à une autre, ou d'une partie à l'autre de la réserve. Le nombre de personnes qui déménageront dans la région principale pour bénéficier des réseaux collectifs est toujours incertain.
3. La plupart des autochtones du nord de l'Alberta utilisent peu d'eau. Lorsqu'ils sont raccordés à un réseau de canalisations d'eau et d'égouts, il se peut qu'ils n'augmentent pas leur consommation d'eau tel que prévu, ce qui pourra occasionner des problèmes au niveau des réseaux d'égouts gravitaires et des stations de relèvement.

4. Lorsque l'on choisit une étendue d'eau de surface pour déverser les effluents d'un système d'évacuation des eaux usées, il faut s'assurer que les résidents indiens ne l'utiliseront pas comme source d'eau potable.
5. Il faut apporter un soin particulier à la pose des canalisations de branchement dans les maisons mal bâties. Lors de la construction, on peut parfois éviter que la maison ne soit ébranlée en lui ajoutant une salle de bains ou une cuisine.
6. Il faudrait prévoir l'aménagement de conduites d'eau spéciales à purge automatique, pour empêcher le gel de la plomberie des maisons qui sont laissées inoccupées pendant une période prolongée en hiver.
7. Le concepteur doit tenir compte du coût de l'amélioration des routes, si il propose un système de transport par camion alors que les réserves sont dotées de routes en mauvais état. Il faut prévoir des routes carrossables pour le camion de livraison d'eau qui, dans la plupart des cas, est le seul véhicule lourd de la réserve.
8. Certaines bandes désirent que leurs membres travaillent comme journaliers à la construction des installations sanitaires. Dans un tel cas, le concepteur doit préparer des plans et devis et même choisir des matériaux et des machines qui permettent l'emploi de journaliers.

UNE SOLUTION CARACTÉRISTIQUE

Lors de la planification et de la conception d'un système d'approvisionnement en eau et d'évacuation des eaux usées dans une réserve indienne, on doit tenir compte du mode de vie des autochtones, des tendances du développement de la collectivité et des contraintes physiques. On doit de plus tenir compte de tous les critères techniques valables pour une agglomération non indienne.

Il faudra probablement doter de services publics complets les réserves qui sont relativement bien aménagées et qui s'efforcent de construire plus de maisons par hectare. Dans les réserves qui ne désirent pas une plus forte densité de population et qui sont si isolées que les coûts du transport et de la construction sont exorbitants, des services limités suffiront probablement.

Voici un exemple de services publics limités.

Établissement de population indienne de Garden Creek - conditions actuelles. Garden Creek est un établissement de population crie de 150 personnes, situé à environ 200 km à l'est de High Level (Alberta), à 11 km à l'intérieur de la limite ouest du parc national de Wood-Buffalo sur la rive nord de la rivière de la Paix. Les habitants sont disséminés sur la rive nord de la rivière sur une distance d'un kilomètre. L'emplacement de la localité apparaît à la figure 19.

Lors du dernier relevé, on a dénombré environ 30 maisons en rondins, une salle de réunion communautaire, une église, une école de quatre classes, deux résidences de professeurs et un poste de soins infirmiers. Un groupe électrogène fournit de l'électricité au complexe scolaire, au poste de soins infirmiers et à la salle de réunion communautaire.

Une piste d'atterrissage herbue ou une route d'hiver permettent d'accéder à l'établissement de population. Les routes valent à peine mieux que des sentiers, sans surface graveleuse, parcourues d'ornières et glissantes par temps humide.

Le plan présenté à la figure 20 nous renseigne sur les conditions qui prévalent à Garden Creek.

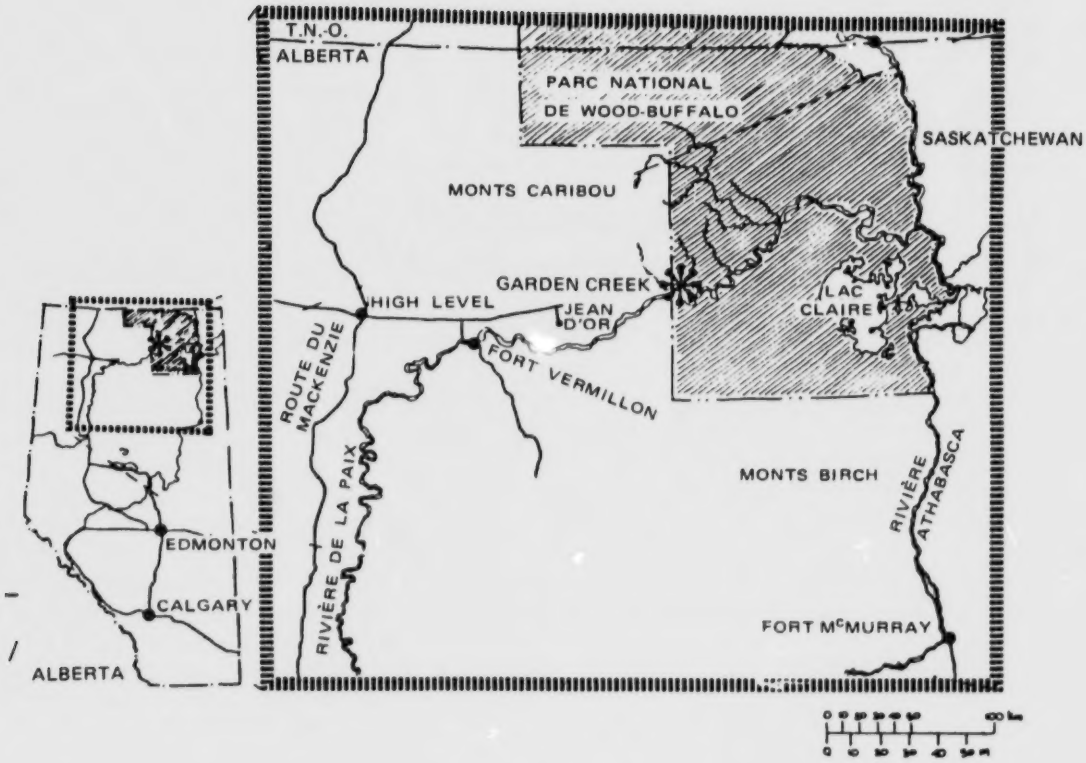


FIGURE 19 LOCALISATION DE L'ÉTABLISSEMENT DE POPULATION INDIENNE DE GARDEN CREEK

Plan d'aménagement. Un plan d'aménagement récemment terminé a tenu compte de l'environnement, des possibilités et des contraintes, et des aspirations de la collectivité. Il est question d'aménager deux espaces au sein de l'agglomération, comme le montre la figure 21. La région 1 reste le point central où sont situées les maisons actuelles, la salle de réunion et l'église. L'école actuelle sera remplacée en vertu d'une entente conjointe avec la commission scolaire de Northland. La nouvelle école sera construite dans la région 2, de même que de nouvelles habitations. On prévoit qu'environ 30 maisons seront construites pendant les 20 prochaines années dans la région 2.

Approvisionnement en eau. Deux sources d'approvisionnement ont été étudiées: l'eau souterraine et l'eau de surface. Pendant l'hiver 1981-1982, cinq puits ont été forés (d'une profondeur de 10 à 15 m), deux dans la région 1 et trois dans la région 2. Les puits avaient un faible débit, variant de 0,17 l/s à 0,3 l/s, avec une eau dure et ferrugineuse. L'eau de la rivière de la Paix et du ruisseau Garden présentait une turbidité élevée et une forte teneur en minéraux. La fluctuation du niveau d'eau de la rivière et l'action des glaces en hiver ont amené les concepteurs à recommander l'emploi de l'eau souterraine.

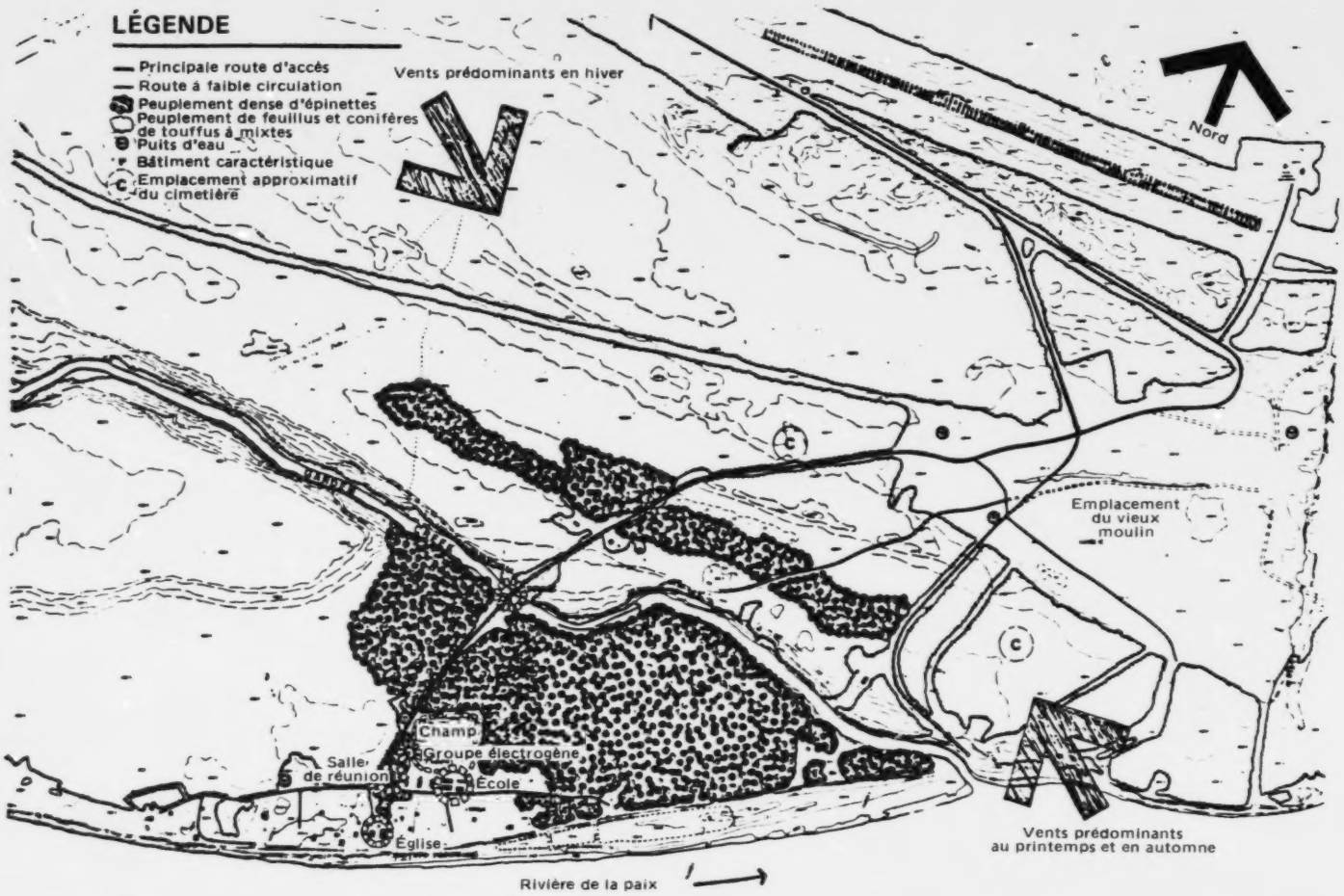


FIGURE 20 PLAN DE L'ÉTABLISSEMENT DE POPULATION DE GARDEN CREEK

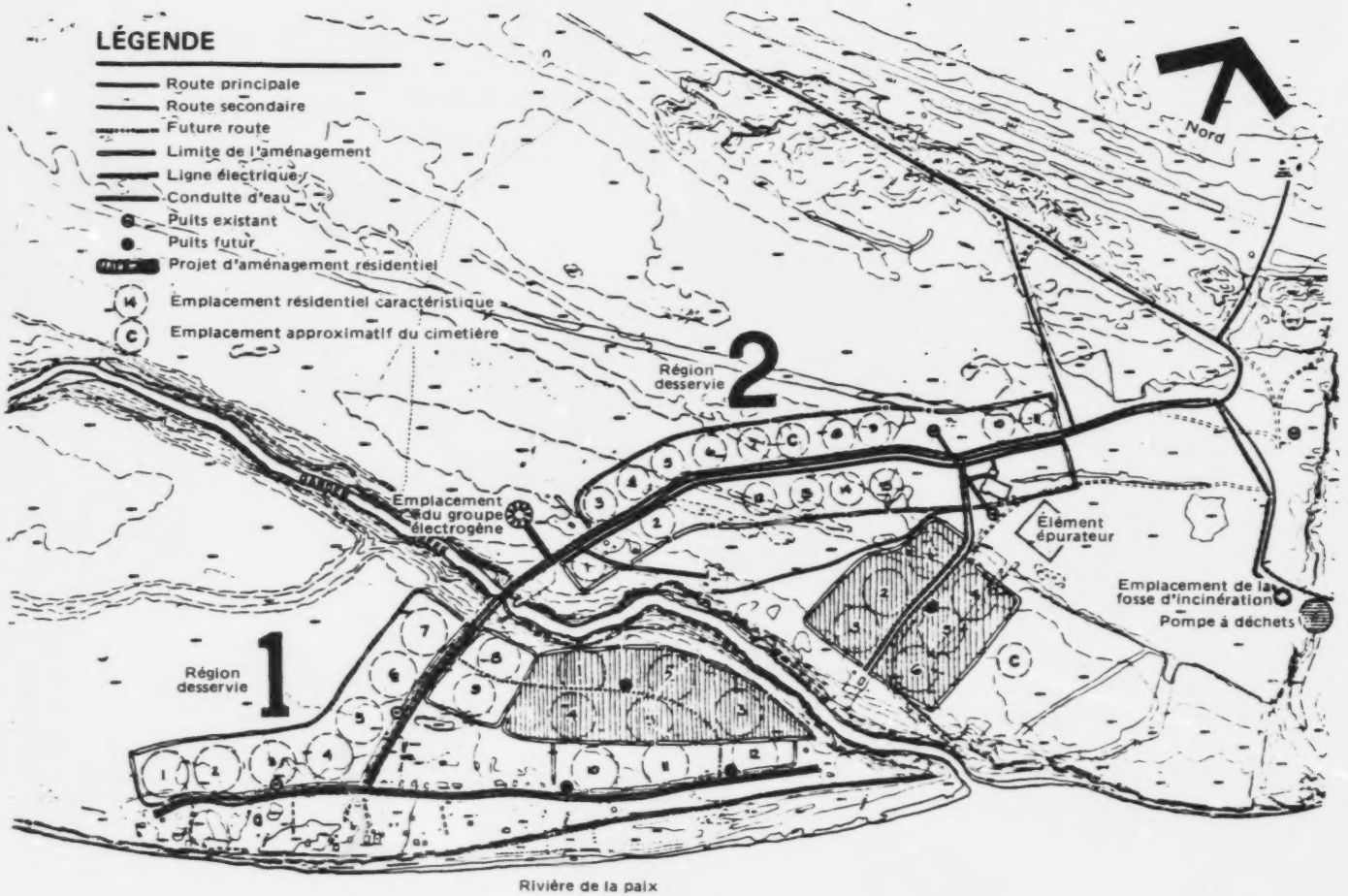


FIGURE 21 PROJET D'AMÉNAGEMENT DE SERVICES PUBLICS À GARDEN CREEK

Plusieurs méthodes de distribution ont été envisagées: des réseaux de canalisations avec ou sans capacité de lutte contre les incendies, des points d'eau, des puits individuels et une combinaison de ces méthodes. Finalement, en raison du coût élevé en capital par maison desservie et du mode de vie axé sur le trappage, on a opté pour un service de points d'eau dans la région 1 et pour un réseau de canalisations dans la région 2. En ce dernier endroit, seule la nouvelle école sera dotée d'un débit d'eau d'incendie; toutes les nouvelles maisons construites dans la région 2 seront desservies par le réseau d'adduction et les branchements particuliers seront munis de soupapes à purge automatique.

Eaux usées et eaux de lavage. En raison de la présence de sols imperméables et parce que les souhaits des résidents allaient en ce sens, on a recommandé que les foyers de la région 1 continuent d'utiliser des fosses d'aisance extérieures. Les eaux de lavage ou les eaux ménagères seront déversées dans des puits d'infiltration.

Dans la région 2, un certain nombre de possibilités ont été envisagées, y compris les fosses d'aisance extérieures, les champs d'épuration individuels, les étangs de lagunage et les éléments épurateurs centraux, avec un système de collecte. Il semble que les conditions du sol permettent l'exploitation d'un champ d'épuration. On a recommandé que les habitations soient desservies par des fosses septiques ou des cabinets extérieurs, selon les conditions du sol aux différents emplacements.

Le nouveau complexe scolaire sera desservi par des éléments épurateurs centraux. Une buanderie équipée de toilettes pour hommes et femmes et de douches pour les résidents qui n'en ont pas, a également été proposée. S'y rendraient également les personnes qui se sont absentées pendant la saison de trappage et ont trouvé leurs champs d'épuration gelés au retour.

Élimination des déchets solides. On a comparé deux méthodes d'élimination des déchets solides: l'incinération et la décharge contrôlée. Compte tenu de l'absence de matériel de terrassement dans cette agglomération, on a recommandé l'utilisation d'une fosse d'incinération à ciel ouvert. Les cendres ou résidus devront être enterrés dans le dépotoir existant. Un entrepreneur étranger à la réserve pourrait y étendre une couche de terre une fois l'an.

Alimentation en électricité. Chaque habitation sera alimentée en électricité, le service étant limité à 15 ampères par foyer. Un réseau de poteaux espacés de 15 m sera aménagé le long des routes.

Réglementation de l'aménagement. La région se trouvant à l'intérieur d'un parc national, l'arpentage des lots ne sera peut-être pas permis. Aucun lot ne sera jalonné. Pour contrôler l'emplacement des habitations, on a pensé se servir du réseau d'alimentation en électricité comme point de référence. Toutes les nouvelles maisons devront être situées à un maximum de 15 m du poteau d'électricité, comme le montre la figure 22.

PRINCIPAUX DÉFIS ET BESOINS FUTURS

Le principal objectif du ministère des Affaires indiennes est d'aider les bandes à devenir autonomes et responsables. Pour atteindre cet objectif, le Ministère s'est engagé à

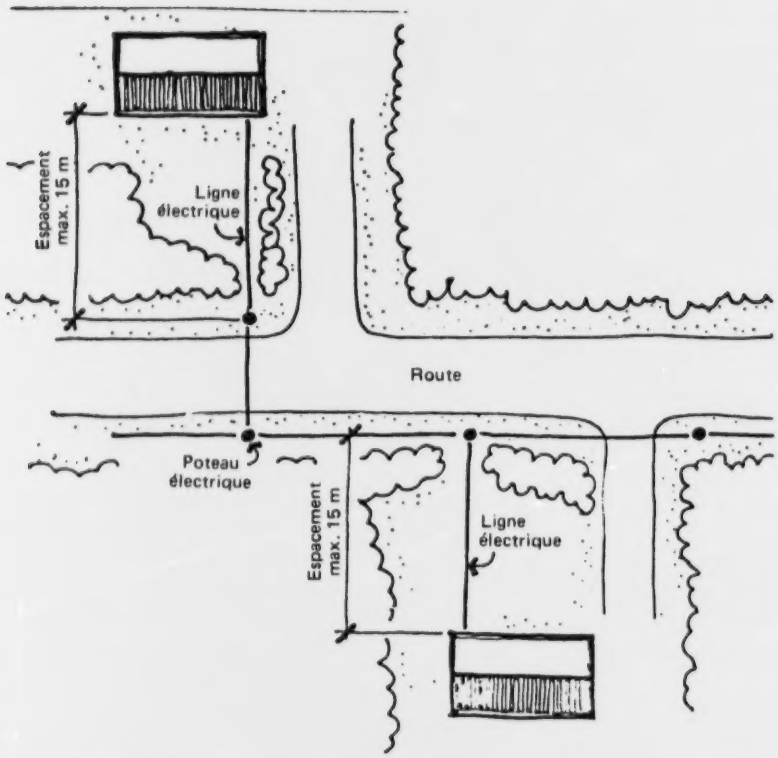


FIGURE 22 DISPOSITION TYPE DU RÉSEAU D'ALIMENTATION EN ÉLECTRICITÉ

fournir aux habitations autochtones une eau potable de qualité et des installations sanitaires adéquates.

À l'heure actuelle, le principal défi consiste à doter les bandes indiennes des compétences nécessaires en matière d'exploitation et d'entretien. À mesure que progresseront les travaux de construction d'un réseau de canalisations d'eau et d'égouts, les responsabilités en matière d'E & E reviendront à la bande.

Présentement, faute de main-d'oeuvre qualifiée dans les réserves, les travaux d'entretien sont quelquefois négligés. Il s'ensuit que le système atteint prématurément la fin de sa durée de vie utile.

La région de l'Alberta, travaillant de concert avec l'Administration centrale, offre un programme de formation de base aux bandes indiennes. En février, la première session a été couronnée de succès. D'autres sessions de formation sont prévues pour répondre aux besoins futurs, à mesure que davantage de ressources financières deviendront disponibles.

Un autre défi à relever consiste à faire bénéficier les autochtones de services publics d'un niveau satisfaisant, compte tenu des ressources limitées dont dispose le Ministère. Bien souvent, celui-ci ne pourrait acquiescer aux désirs exprimés par une bande sans compromettre des projets qui concernent d'autres bandes. À l'avenir lorsque les budgets seront réduits et que le niveau de vie augmentera, nos ingénieurs devront faire preuve de beaucoup de tact et d'ingéniosité lors de la conception des services publics, afin de répondre aux besoins des clients à partir de ressources limitées.

GROENLAND: EXPÉRIENCES LES PLUS RÉCENTES PORTANT SUR DE PETITS RÉSEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

K. Rauschenberger
Nielsen & Rauschenberger, experts-conseils, Danemark

INTRODUCTION

Le Groenland compte environ 47 000 personnes, dont près de 10 000 (21 p. 100) vivent dans des villages, les 37 000 restant habitant les villes. Dans toutes les villes, sauf trois, les résidents jouissent d'un service d'approvisionnement en eau de qualité "sûre".

Les 10 000 personnes mentionnées d'abord vivent dans plus de 70 villages, dont seuls 41 comptent plus de 100 habitants. Ces 41 villages, dont 14 sont situés dans des zones de pergélisol, sont raccordés à un réseau d'approvisionnement en eau.

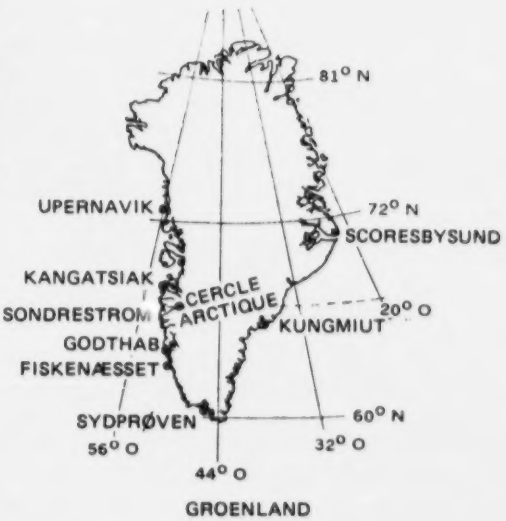
Pour bien comprendre les problèmes liés aux réseaux d'alimentation en eau au Groenland, il faut connaître les conditions géographiques et climatiques. Les températures moyennes vont de -1 °C à Nanortalik dans le sud à -7 °C à Thulé dans le nord.

Dans des sols ordinaires, le gel pénètre rarement à plus de 2 ou 2,5 m. La profondeur du pergélisol varie de 0,5 m dans les régions marécageuses à 3 m dans les régions graveleuses sèches.

La plupart des villages sont situés dans des régions où la roche en place affleure. Les conduites maîtresses doivent donc passer par-dessus les régions rocheuses où il est impossible de creuser.

Le choix des conduites maîtresses dépend de l'emplacement des villages par rapport aux villes. On ne peut accéder aux villages que par la mer ou les airs (en hélicoptère uniquement). Par conséquent, tous les matériaux nécessaires à la construction d'un réseau d'approvisionnement en eau doivent être expédiés dans la ville la plus proche, puis acheminés par goélette et barge. Les matériaux doivent être transportés pendant la saison sans glace. Il faut donc planifier très soigneusement tous les travaux.

Les techniciens qualifiés se trouvant rarement dans les villages, il faut donc tenir compte du fait que le réseau d'alimentation en électricité pourra être défectueux pendant plusieurs jours lorsque l'on choisit le type de système de distribution d'eau. Il faut également considérer qu'une défectuosité du système risque de ne pas être détectée avant qu'il ne gèle.



ÉVOLUTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU AU GROENLAND

Le réseau actuel de distribution d'eau a pris naissance en 1950 et, à la fin des années 1960, toutes les villes, sauf trois petites (Upernavik, Kangatsiak et Scoresbysund), étaient dotées de leur propre réseau. Au début, les canalisations étaient enfouies au-dessous de la couche de gel ou, dans le cas de régions de pergélisol et de roche, placées au-dessus du sol dans des caissons en bois.

Avec l'apparition du polystyrène puis de la mousse de polyuréthane, les canalisations ont pu être enfouies. Il fallait toutefois prévoir le chauffage électrique ou la circulation continue, lorsqu'elles étaient installées dans la couche de gel. Par la suite, des conduites maîtresses pré-isolées ont été mises au point et utilisées. Elles étaient constituées essentiellement de fonte ductile, munies de joints "Tyton" avec ou sans revêtement intérieur de ciment, isolées au moyen de polyuréthane et protégées contre les dommages par une conduite de 10 mm (2 bars) à gaine en PEH (polyéthylène extrudé à poids moléculaire élevé). Les conduites maîtresses avaient des diamètres supérieurs à 100 mm mais inférieurs à 400 mm.

La construction de centrales électriques plus petites dans les villages a permis de s'assurer d'un approvisionnement en eau par canalisations à l'année longue. L'un des premiers réseaux de distribution à petite échelle a été créé à Kangatsiak (côte ouest). Dans les centrales plus grandes, l'eau est désinfectée et le pH rectifié. Dans les villages, seule la désinfection est effectuée. Les tuyaux doivent donc être faits d'une matière résistant à l'eau dure.

De petites conduites isolées et chauffées à l'électricité ont tout d'abord été utilisées à Sondrestrom à la fin des années 1950. Un tuyau de 50 mm (10 bars) en polyéthylène à faible poids moléculaire (PEL), isolé sur place et muni de deux câbles chauffants placés à l'extérieur, servait de conduite maîtresse au Danish Hotel.

L'eau a gelé par suite d'une panne des câbles et, lorsque leur fonctionnement a été rétabli, on a vraiment tenté, pendant trois semaines, de dégeler la conduite. Des essais ont démontré par la suite qu'il est impossible de dégeler un tuyau en polyéthylène à parois épaisses.

DESCRIPTION DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES

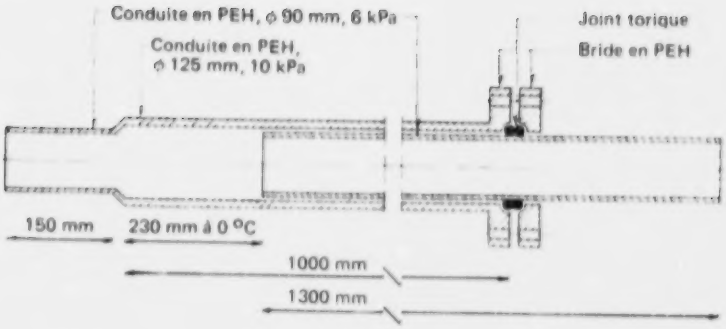
Cette première expérience a été suivie de bien d'autres. Des essais avec différents types de tuyaux ont été entrepris dans chaque ville.

À Kangatsiak (population d'environ 400 habitants; débit d'eau de 4,6 m^3 à l'heure, conduites maîtresses ayant une longueur de 400 à 700 m), on a installé des canalisations en polyéthylène à masse volumique élevée, pré-isolée au moyen d'un isolant en mousse de polyuréthane et d'une gaine en PEH. Les conduites d'eau ont été munies de brides en PEH, pour éviter d'avoir à les souder sur place. Afin de tenir compte des différences de dilatation et de contraction (dues aux variations de température), la conduite maîtresse devait être installée de façon à serpenter légèrement sur des supports posés au sol.

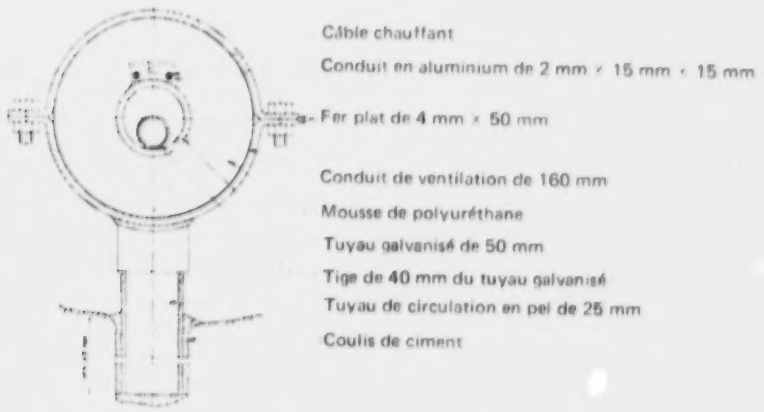
Quoi qu'il en soit, les directives n'ont pas été suivies: la conduite maîtresse a été installée dans un caisson en bois, elle avait des courbes raides et était recouverte d'une plaque galvanisée.

Pendant le premier hiver, la gaine s'est contractée et les coudes raides ont causé le bris de la conduite. Ce n'est qu'après plusieurs jours, et même plusieurs semaines de correspondance, que l'on s'est rendu compte que le plan du projet n'avait pas été respecté.

Les coudes ont été remplacés l'année suivante par des coudes pré-isolés et préfabriqués. Les joints brisés ont été remplacés par des électromanchons en PEH. On a utilisé des compensateurs spéciaux en PEH entre les couches; ces compensateurs ont été testés au Danemark.



COMPENSATEUR POUR CONDUITE EN PEH DE 90 mm, KANGATSIAK



CONDUITE MAÎTRESSE D'EAU BRUTE, KANGATSIAK

Puisque le câble chauffant se trouvait à l'intérieur, il a fallu le remplacer en entier. À l'heure actuelle, le système fonctionne bien.

Le réseau a par la suite été prolongé dans le village au moyen d'une conduite en acier galvanisé pré-isolée à l'aide de mousse de polyuréthane et placée à l'intérieur d'un conduit de ventilation galvanisé d'un diamètre de 160 mm. Les câbles chauffants sont placés à l'extérieur. Le tuyau est placé au-dessus du sol et supporté par des tiges de métal cimentées dans des trous, qui ont été forés dans le roc.

Ce système était peu coûteux mais dangereux, présentant un risque élevé de rupture par le gel et de corrosion. Des tuyaux galvanisés à paroi mince installés auparavant étaient fréquemment endommagés par la corrosion.

Afin de réduire les risques d'accumulation de glace dans la conduite maîtresse de 50 mm par suite d'un refroidissement local, un système de circulation séparé, composé d'un tuyau en PEL de 25 mm, a été installé à l'intérieur de la conduite maîtresse.

Ce réseau n'est pas encore terminé.

À Scoresbysund (population approximative de 400 personnes, débit d'eau de 4 m^3 à l'heure, conduites maîtresses ayant une longueur de 200 à 500 m), située sur la côte nord du Groenland, est une des petites villes qui ont été dotées d'un réseau de distribution à petites canalisations.

Une conduite d'eau brute d'environ 500 m, s'alimentant à un lac et traversant un ruisseau, devait alimenter les installations de distribution. Aucune source d'énergie n'était nécessaire à la prise d'eau, en raison de l'effet de siphon. La conduite de 35 mm était pré-isolée à l'aide de laine de verre et glissée dans une gaine de PEH. Elle était également équipée d'un câble chauffant placé à l'intérieur. Les sections prémoulées devaient être assemblées au moyen de raccords, ce qui permettait d'éviter toute soudure.

Il s'est avéré qu'à l'étape de la planification, on n'avait pas tenu compte des problèmes de traversée du ruisseau et d'étanchéité des raccords. L'hiver venait à peine de commencer lorsque le réseau est tombé en panne. Les raccords n'étant pas assez forts pour résister aux forces thermiques, l'isolant s'est rempli d'eau à l'intérieur; les raccords des gaines qui fuyaient ont laissé l'eau pénétrer de l'extérieur, ce qui a entraîné le gel du tuyau.

La plus grande erreur a été le choix de l'isolant, notamment celui des raccords. On a eu recours à des sections semi-circulaires de mousse de polystyrène installées sur place. Ce type d'isolant n'a pas empêché l'eau de circuler à l'intérieur de la gaine, d'un tuyau à l'autre. Cela a été une terrible erreur.

Ce réseau a été remplacé par un réseau de canalisations en PEH pré-isolées, insérées dans des gaines en PEH. La soudure et le raccord des gaines ont posé certains problèmes, engendrés par l'action du soleil (à cause du chauffage partiel elles ont pris l'aspect de "bananes"). Il a été difficile de réunir les sections individuelles de tuyaux en une conduite maîtresse.

Les raccords ont été isolés sur place à l'aide de mousse de polyuréthane. Mais le traitement à la mousse a entraîné une élévation de température et ramolli le tuyau de PEH. Cet amollissement a provoqué des fuites au niveau des raccords, là où des accessoires de plomberie avaient été utilisés.

On a fini par opter pour un réservoir d'eau en acier d'une capacité de 2000 m^3, isolé et chauffé, surtout en raison des problèmes causés par le ruisseau. Le réservoir est rempli en été (après la fonte rapide) et au début de l'hiver.

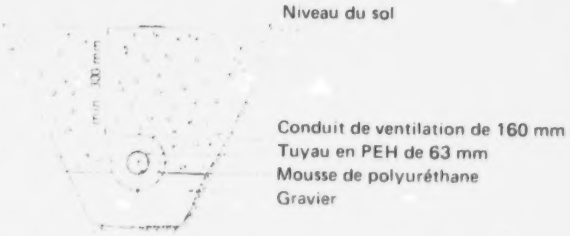
L'expérience acquise dans ces deux villes nous indique deux façons d'éviter les problèmes causés par les conduites pré-moulées posées au-dessus du sol. On peut utiliser un tuyau rigide (acier, fonte ductile, etc.) et une gaine en PEH, ou un tuyau en PEH et une gaine métallique rigide, aussi insensible à la température qu'un conduit de ventilation. À notre avis, une gaine en PEH plus un tuyau en PEH ne conviennent pas aux canalisations installées au-dessus du sol et peut-être pas aux canalisations enfouies.

La technique des tuyaux pré-isolés à mince gaine de polyéthylène n'a pas encore été testée ou utilisée au Danemark, peut-être parce que toutes les usines de tuyaux pré-isolés ont concentré leurs activités sur les conduites maîtresses chauffées et enfouies dans les villes.

Un problème épineux, concernant les conduites situées à l'extérieur des villages, est de les protéger contre les balles de fusil. Il convient de n'utiliser que des tuyaux d'acier ou de fonte ductile.

À Sydproven (population approximative de 580 personnes, débit d'eau de 6 m^3 à l'heure, conduite maîtresse d'eau brute ayant une longueur de 600 m), la conduite maîtresse d'eau brute allant de la prise d'eau jusqu'aux installations de distribution est un

tuyau en PEH enfoui et ayant une longueur d'environ 600 m, enfermé dans un conduit de ventilation galvanisé pré-isolé. L'écoulement continu est la méthode habituelle de protection contre le gel. La conduite maîtresse n'a pas été installée dans la zone sans gel. Pour des raisons de sécurité et pour rétablir l'écoulement après une panne électrique, un câble chauffant a été placé à l'intérieur du tuyau.



TUYAU ENFOUI, SYDPRØVEN

Les travaux ayant été retardés, le réseau n'a été mis en opération qu'au milieu de l'hiver. On a tôt fait de réaliser qu'il y avait un bouchon de glace quelque part. Le câble chauffant a été mis en marche pour faire fondre la glace. Peu de temps après, nous avons découvert que le couplage avait été modifié, de sorte qu'au lieu d'avoir 6 watts par mètre, le câble fournissait de 12 à 15 watts par mètre. Les résultats ont été désastreux. Dans plusieurs sections, le câble chauffant a fait fondre le polyéthylène. Il a donc fallu remplacer toute la conduite maîtresse.

Des essais en laboratoire nous ont permis de comprendre la situation. Le fabriquant avait garanti que la température du câble, dans des conditions normales, ne pourrait dépasser 60 °C. Mais avec un tuyau de petit diamètre, vide et isolé, l'air atteignait une température beaucoup plus élevée que celle prévue, ce qui a fait fondre la paroi du tuyau.

Des essais ont par la suite montré qu'il est pratiquement impossible de faire fondre de petits tuyaux munis de parois relativement minces, si le câble chauffant n'a pas une capacité supérieure à 6 watts par mètre. Les tuyaux de plus de ϕ 100 mm et à paroi de 10 mm ou plus ne risquent pas de fondre ou d'être endommagés par les effets de 10 à 12 watts par mètre au maximum, même si le câble chauffant peut laisser une marque dans le polyéthylène. Dans un tel cas le câble peut être refroidi et la paroi épaisse ne peut être chauffée du point d'être endommagée.

À Fiskenaesset (population approximative de 330 personnes, débit d'eau de 10 m^3 à l'heure, conduites maîtresses de plus de 620 à 700 m), le réseau comporte une conduite maîtresse d'eau brute ayant une longueur d'environ 620 m, reposant au sol sur des supports faits de tiges métalliques et formant dans le village une boucle ayant une longueur d'environ 700 m, qui serpente sur de petits supports. On s'est servi de tuyaux de 90 mm en PEH pré-isolés à l'aide de mousse de polyuréthane et insérés dans un conduit de ventilation. Les conduites sont raccordées au moyen d'électromanchons. Le tuyau a un diamètre de 63 mm dans la boucle.

Il n'a pas été facile de trouver une solution pour la conduite maîtresse d'eau brute. Il a fallu la soutenir à l'aide de tiges de bois ou de métal, en raison des conditions du terrain. En cas de vidange du réseau, il faudrait faire très attention à la contraction possible sous l'influence de la température. La température de l'eau peut atteindre - 15 °C en été, et un tuyau vide ou gelé peut descendre jusqu'à -25 ou -30 °C.

On a choisi d'utiliser des massifs d'ancrage en béton au niveau de tous les coudes dépourvus de joints de dilatation. Les massifs d'ancrage et le potentiel de déformation élastique des tuyaux devaient absorber la tension exercée par la contraction thermique.

Les raccords ne risquaient pas de se rompre, car des expériences avaient montré que les électromanchons étaient plus forts que le tuyau lui-même.

La boucle formée par la conduite dans le village devait, au départ, être enfouie dans un fossé de 500 mm de profondeur, et on aurait utilisé de la dynamite en cas de besoin. Ce projet a été abandonné pour des raisons d'ordre économique en faveur d'un réseau aménagé au-dessus du sol. Nous supposons que le réseau fonctionne en hiver comme s'il était enfoui, puisque le tuyau gèle dans le sol à la façon d'une tranchée. (Il n'y a pas de traîneaux à chiens dans le sud du Groenland.)

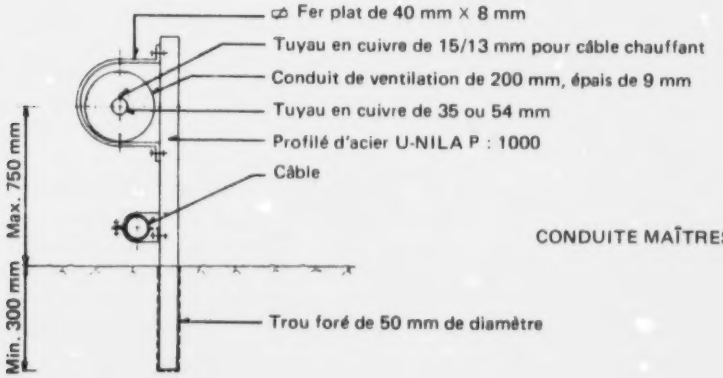
En plus du câble chauffant de la conduite, on a prévu une pompe de circulation dans la boucle. Elle corrige les défauts de l'isolation, de sorte qu'un mauvais raccord n'entraîne pas le gel du réseau.

Ce système fonctionne depuis deux hivers sans aucun problème. Il est relativement peu coûteux et en faisant preuve d'un peu d'ingéniosité, il peut être aménagé par des travailleurs locaux sans grande qualification. Même si la conduite maîtresse était enfouie, les dangers de corrosion du conduit de ventilation ne seraient pas élevés. Au Groenland, où les températures estivales à une profondeur d'un demi-mètre ne varient que de quelques degrés, la corrosion est très faible.

À Upernavik (population approximative de 840 personnes, débit d'eau de 2,4 m^3 à l'heure, conduite maîtresse d'eau brute ayant une longueur de 1870 m), le système d'addition d'eau reposait sur le dessalement. Par suite de la hausse du prix du pétrole, il a fallu trouver une autre source d'approvisionnement. La seule autre possibilité était un lac situé à environ 2 km de la ville, à l'autre extrémité de l'île; ce lac pouvait fournir un maximum de 48 m^3 d'eau par jour.

L'aménagement d'une conduite maîtresse d'eau brute d'un débit de 0,28 l/s, qui franchirait une colline de près de 100 m de hauteur et un terrain accienté a constitué un nouveau défi. Plusieurs systèmes et solutions ont été examinés très soigneusement, pour tenter de résoudre notamment les problèmes d'expansion, et pour éviter de créer un vide dans le tuyau en son plus haut point.

À la suite de ces recherches, on a décidé d'avoir recours à un tuyau en cuivre préfabriqué, isolé à l'aide de mousse de polyuréthane et gainé dans un conduit de ventilation; le réseau était installé au-dessus du sol et reposait à intervalles réguliers sur des supports spéciaux en acier galvanisé. Pour compenser les différences de dilatation et de contraction dues aux variations de température, le tuyau formait plusieurs courbes, épousant la forme naturelle du roc. Le tuyau qui n'était pas fixé aux supports pouvait y glisser librement. Les tuyaux sont raccordés par des joints à emboîtement soudés à l'argent.



CONDUITE MAÎTRESSE D'EAU BRUTE, UPERNAVIK

Il y a deux façons de protéger les tuyaux contre le gel: le chauffage de l'eau, l'utilisation de deux câbles électriques (en cuivre) placés à l'extérieur du tuyau.

Le système fonctionne depuis plusieurs années sans problèmes majeurs. Certains des supports ont plié sous le poids de la neige en quelques endroits imprévus.

À Kungmiut (population approximative de 470 personnes, débit d'eau de 5,25 m^3 à l'heure, conduite maîtresse ayant une longueur de 1380 m), fait partie des agglomérations de la côte est du Groenland qui disposaient déjà de réseaux d'approvisionnement en eau. Ils ont été déclarés inutilisables il y a des années, en partie parce qu'on avait négligé de les entretenir. Il y a quelque temps, on a aménagé à Kungmiut un nouveau réseau, permettant une plus grande consommation d'eau qu'auparavant.

Il fallait tenir compte de la pression exercée par les importantes chutes de neige, en plus des risques de dommages causés par les balles de fusil ou par le passage des traîneaux à chiens. Un autre aspect remarquable était l'absence de liaison avec le Danemark neuf mois par année.

On a choisi un système comportant des tuyaux en fonte ductile munis de joints "Tyton" antirupture (des morceaux d'acier dans la rondelle de caoutchouc agissent comme des mâchoires). L'isolant, la gaine, etc., étaient du type habituel et prémoulés. On a installé la conduite dans une tranchée; la base de 0,6 m, recouverte de gravier, se trouvait sous la surface, dans le sol et/ou le roc.

Pour protéger le réseau contre le gel, on a eu recours à des câbles chauffants et à une pompe de circulation.

JOINTS

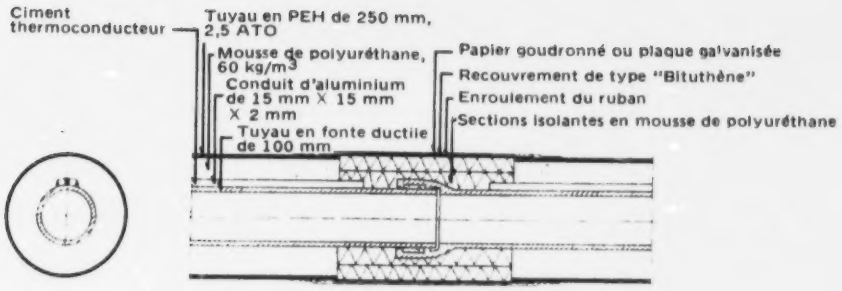
Peu importe le type de réseau, il faut porter attention aux joints et aux gaines, éléments très importants des réseaux de canalisations. Les joints sont les endroits les plus vulnérables après les robinets, les tés, le drain et les points d'insertion du câble.

Il est très important de s'assurer que les raccords de la conduite, c.-à.d. les manchons, sont assez forts pour supporter la contraction d'un tuyau à l'autre. Dans le cas des tuyaux en PEH de petit diamètre, les électromanchons sont excellents et plus faciles à utiliser que la soudure. Il est maintenant possible de se procurer des rondelles de caoutchouc à mâchoires pour les joints "Tyton" des tuyaux en fonte ductile. Certains des accouplements pour les tuyaux en polyéthylène ou en cuivre ne peuvent supporter d'efforts. Même la soudure des tuyaux en cuivre peut poser des problèmes, car les températures de l'air et du tuyau sont habituellement trop basses pour qu'on exécute un travail parfait.

On peut appliquer sur place la mousse isolante ou installer des sections semi-circulaires faites de mousse de polyuréthane ou de polystyrène à cellules fermées. La mousse isolante appliquée sur place constituerait la meilleure solution si, à basse température, le travail n'était pas très difficile à exécuter; nous préférons donc les sections prémoulées en mousse de polystyrène. Elles sont moins coûteuses que le polyuréthane et assez fiables.

Les sections sont assemblées et tous les joints sont entourés de ruban avant qu'on referme la gaine: il importe que ce travail soit fait très soigneusement.

Après avoir scellé l'isolant au moyen de ruban, on recouvre de "Bituthène" l'isolant et les 100 mm d'extrémité des deux gaines soigneusement nettoyées et asséchées. Pour obtenir une adhérence parfaite, on réchauffe la couche de "Bituthène" avec une flamme douce au gaz. Pour protéger la couche de "Bituthène", on la recouvre d'une plaque galvanisée fixée avec des rivets aveugles ou des attaches. Sous terre, on peut se servir de deux couches de papier goudronné résistant.



JOINT D'UN TUYAU EN FONTE DUCTILE (ENFOUI)

Selon nous, il est très important de rendre les joints des gaines les plus étanches possible et d'utiliser des isolants aquafuges. L'emploi de sections de tuyau pré-isolées à l'aide de mousse de polyuréthane empêche l'eau de passer d'une section à l'autre et constitue un bon isolant permanent.

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE (en bref)

Par le passé, on a utilisé plusieurs types de câbles chauffants. Le câble pouvant être facilement endommagé, il doit être facile de le remplacer. Ce n'est malheureusement pas le cas des tuyaux prémoulés dont le câble chauffant se trouve à l'extérieur.

S'il se trouve à l'intérieur du tuyau, d'autres problèmes surgissent. Tout d'abord, nul fabricant ne garantit complètement ses câbles. En deuxième lieu, les services d'hygiène recommandent que le câble ne soit pas recouvert de chlorure de polyvinyle ou de plomb. Si la gaine du câble est en cuivre, les impuretés de l'eau sont susceptibles de causer des problèmes de corrosion. En troisième lieu, un câble situé à l'intérieur d'un tuyau pose toujours des problèmes; il y a toujours possibilité de fuites, surtout lorsque le câble n'est pas circulaire.

Les câbles en cuivre insérés dans des tuyaux en polyéthylène posent des problèmes particuliers parce que leurs coefficients de dilatation thermique sont très variables. Si l'eau gèle dans le tuyau, le câble peut fendre ou être étiré, d'où une production de chaleur plus élevée à cet endroit mais plus faible ailleurs.

Depuis peu, le prix élevé de l'électricité entraîne une modification de l'épaisseur de l'isolant. Le taux moyen des pertes de chaleur devrait être inférieur à 4 watts par mètre de tuyau; avec les petits tuyaux en PEH, le "risque de fusion" est l'autre paramètre qui contribue à fixer un maximum de 6 watts par mètre de tuyau.

CONCLUSION

Le choix du "système approprié" constitue toujours un compromis entre l'expérience et la rentabilité. En raison de l'apparition sur le marché de nouveaux matériaux, il est difficile d'établir une norme. La mise au point de nouveaux matériaux oblige à faire des essais et comporte un risque d'échec. Il faut faire preuve d'une certaine prudence et procéder à une analyse systématique des difficultés, afin de résoudre les problèmes qui surgissent au cours de l'élaboration d'un projet d'approvisionnement en eau dans l'Arctique.

Je voudrais maintenant énumérer les systèmes qui m'apparaissent fiables. Mon évaluation ne concorde pas nécessairement avec celle de la GTO.

Il faudrait utiliser, dans la mesure du possible, des réseaux de canalisations enfouies, même si leur coût est supérieur. De tels réseaux éliminent en grande partie les problèmes de dilatation ou de contraction. Les tuyaux en fonte ductile prémoulés à isolant en mousse de polyuréthane, insérés dans des gaines en PEH (parois minces), ou dans des conduits d'aération galvanisés munis d'un câble chauffant extérieur, me semblent les meilleurs.

Si la vitesse d'écoulement est assez élevée, la meilleure solution est d'opter pour un tuyau prémoulé en PEH à raccordement à électromanchons, à isolant en mousse de polyuréthane et conduit d'aération galvanisé. Dans un tel cas, un câble chauffant posé à l'intérieur du tuyau est nécessaire. Si c'est impossible ou si l'on ne peut obtenir un câble utilisable en milieu aqueux sous pression, il faut recouvrir au moins la moitié du tuyau d'une mince feuille de métal ou d'une plaque transmettant la chaleur du câble. Il faut s'assurer que la feuille de métal et le câble chauffant adhèrent totalement au tuyau. Il faut n'appliquer aucun produit isolant entre le câble et le tuyau.

Éviter absolument les tuyaux en PEH pré-isolés et insérés dans une gaine en PEH.

S'assurer que les manchons peuvent résister à l'effort de traction.

S'il est nécessaire d'installer le tuyau au-dessus du sol, il faut le disposer de façon que la dilatation et la contraction puissent se produire sans recours à des accessoires spéciaux, comme des compensateurs.

Le raccordement des gaines doit être aussi étanche que possible.

Dans le cas du tuyau en PEH, le câble chauffant ne doit pas avoir une capacité supérieure à 6 watts par mètre de tuyau.

Comme le montre le présent article, le "meilleur" système d'approvisionnement en eau des villages du Groenland n'a pas encore été mis au point. Nous continuons toutefois les recherches et testons de nouvelles méthodes, tout en essayant de tirer profit de nos erreurs passées. Nous sommes ouverts aux nouvelles idées et techniques de nos collègues de l'autre côté de la baie de Baffin et de l'océan Arctique.

LACUNES MAJEURES DE LA PLANIFICATION DES SERVICES PUBLICS POUR LES PETITES LOCALITÉS SEPTENTRIONALES ÉLOIGNÉES

D. H. Soroka
Hutchins & Soroka, avocats

SOMMAIRE

Le présent article repose sur l'expérience vécue par l'auteur dans huit agglomérations cries de la Baie-James (Nouveau-Québec). Ces agglomérations comptent de 200 à 1000 personnes. La langue principale des habitants est le cri; l'anglais, langue seconde, est parlé par un peu plus de la moitié de la population. Les familles sont habituellement nombreuses et, faute de logements, l'espace habitable est souvent occupé à l'excès.

Plus de la moitié de la population vit de la chasse traditionnelle, de la pêche et du trappage. Les trappeurs et certains membres de leur famille quittent les agglomérations et vont gagner leur vie sur leurs pistes de trappage, situées quelquefois à plusieurs centaines de milles de leur village, pour des périodes allant de 3 à 8 mois. La saison de chasse et de trappage va de septembre à avril chaque année. Il s'ensuit que le nombre réel de personnes vivant dans une agglomération donnée, à un moment précis, varie énormément selon la saison.

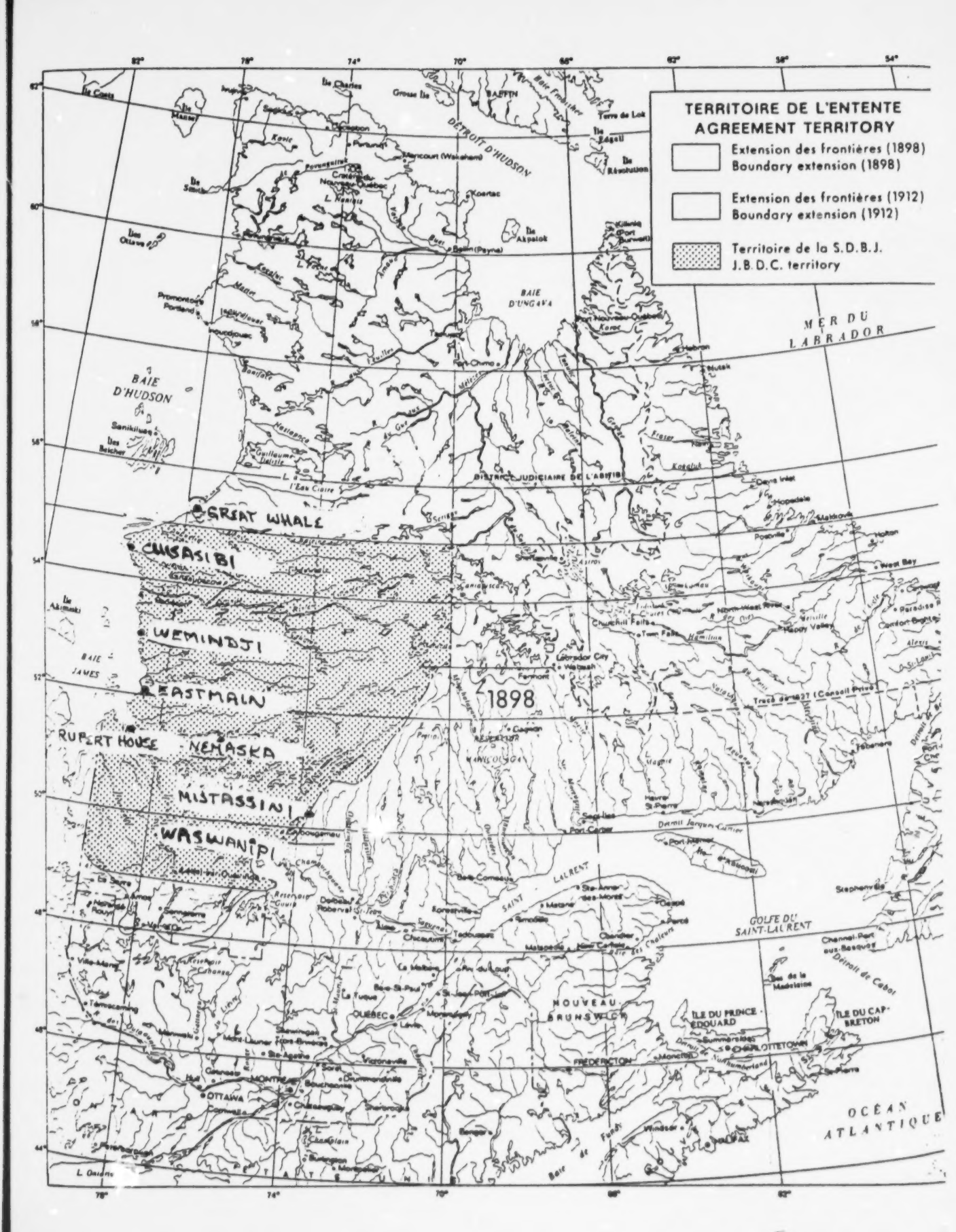
Le territoire de la Baie-James du Nouveau-Québec est subarctique. La plupart des agglomérations sont situées dans des zones de marécage ou de muskeg, ou près de celles-ci.

Les agglomérations sont isolées; seulement trois d'entre elles sont reliées au monde extérieur par des routes permanentes. Les autres dépendent de l'avion pour le transport des biens et des personnes. Toutefois, le mauvais état général des pistes d'atterrissage limite la capacité des avions que l'on peut utiliser et, pendant le dégel du printemps et l'engel d'automne, les pistes sont impraticables pendant environ 6 semaines. Tout programme de construction doit compter avec une planification de l'expédition des machines et des équipements difficile.

Des programmes majeurs de construction d'habitations et d'infrastructures ont été mis en oeuvre ou sont en cours de réalisation dans la plupart des collectivités. Des services publics d'eau, d'égout et d'électricité sont introduits pour la première fois dans la majorité des collectivités concernées.

Le 11 novembre 1975, la Convention de la Baie-James et du Nord québécois était signée. L'entente impliquant le Canada, le Québec, les Indiens cris et les Inuit des régions arctique et subarctique du Québec constituait en fait le règlement de revendications territoriales des autochtones.

Une partie de l'accord portait sur un régime d'évaluation des répercussions environnementales et sociales impliquant une évaluation des incidences des "projets de mise en valeur" dans le territoire concerné par l'entente. Le terme "projet de mise en valeur" englobe tout ensemble d'infrastructures collectives majeures. Le régime prévoit la nomination dans chaque collectivité crie d'une personne qui agira en tant qu'administrateur de l'environnement, lequel est responsable du mécanisme d'évaluation et de la décision finale autorisant (ou non) la réalisation d'un projet. L'un des objectifs de ce système est de connaître l'opinion d'organismes indépendants sur les installations projetées, afin d'empêcher que ne surgissent certains problèmes décrits ci-dessous.


TERRITOIRE DE L'ENTENTE
AGREEMENT TERRITORY
Extension des frontières (1898)
Boundary extension (1898)
Extension des frontières (1912)
Boundary extension (1912)
Territoire de la S.D.B.J.
J.B.D.C. territory
GREAT WHALE
CHISASIBI
WEMINDJI
EASTMAIN
RUPERT HOUSE
NEMASKA
MISTASSINI
WASWANIPI
1898
BAIE D'HUDSON
BAIE JAMES
MER DU LABRADOR
DÉTROIT D'HUDSON
BAIE D'UNGAVA
DISTRICT JUDICIAIRE DE L'ABITIBI
GOLFE DU SAINT-LAURENT
NOUVEAU-BRUNSWICK
ÎLE DU PRINCE-ÉDOUARD
ÎLE DU CAP-BRETON
OCÉAN ATLANTIQUE
QUÉBEC
MONTRÉAL
OTTAWA
FREDERICTON
CHARLOTTETOWN

Un cours de formation a été mis sur pied à l'intention des personnes choisies, pour s'assurer qu'elles sont capables de s'acquitter de leurs tâches. L'auteur a été amené à enseigner les aspects légaux des normes et règlements environnementaux. Pendant ces séances de formation, axées sur les services publics et le logement, on a fait ressortir puis analyser un certain nombre de lacunes en matière de conception, planification, construction et exploitation des infrastructures existantes et projetées, à la lumière d'études de cas particuliers.

Les problèmes dont nous désirons discuter appartiennent à trois catégories principales:

1. planification incomplète des systèmes;
2. manque de données techniques et absence de personnel qualifié sur le terrain;
3. manque de connaissances des usagers.

PLANIFICATION INCOMPLÈTE DES SYSTÈMES

Ce problème comporte deux aspects. D'une part, on ne pense pas toujours aux conséquences logiques et inévitables des systèmes. Et d'autre part, on ne tient guère compte de la compatibilité des composantes individuelles d'un système qui peut être bien conçu avec les autres systèmes dont l'aménagement est également prévu.

L'aménagement de fosses septiques dans l'une des agglomérations cries peut servir d'exemple réunissant ces deux types de lacunes. Même si l'installation du système comme tel semble ne poser aucun problème, la planification est jugée incomplète, car on n'a pas tenu compte du fait que les fosses septiques se remplissent et doivent être nettoyées périodiquement.

Cette agglomération particulière ne dispose d'aucun dispositif pour vider les fosses septiques. Puisqu'aucune route ni aucune ligne aérienne ne mènent directement à cette localité, il est très difficile d'y transporter le matériel nécessaire. Même si l'on réussit à y amener le matériel ou à nettoyer les fosses à la main, le problème suivant reste entier. La localité est entourée de muskeg et on ne dispose d'aucun endroit adéquat pour évacuer les boues. Il est impossible d'enfouir les boues dans une région où la nappe phréatique ne se trouve qu'à 15 cm sous la surface, et il est tout aussi impensable d'étendre les boues dans des marécages pour les faire sécher avant de les brûler. Des emplacements d'élimination appropriés existent à plusieurs milles de l'agglomération, mais il faudrait construire une route dans le muskeg. Le "simple" système des fosses septiques se révèle donc difficile à appliquer et le coût d'un entretien adéquat est exorbitant. Une élimination des boues imparfaite peut mettre en danger la santé des résidents qui s'approvisionnent en eau à partir de la nappe phréatique souterraine.

Ce problème se complique davantage par le manque de compatibilité de l'ensemble des systèmes existants. Dans cette localité, toutes les eaux ménagères de même que les eaux usées sont déversées dans la fosse septique, y compris l'eau des pompes d'assèchement qui sont habituellement installées au sous-sol des maisons pour faire face au problème des crues printanières.

Sachant que les familles cries ont tendance à être très nombreuses et qu'on vit souvent à dix ou plus dans chaque maison, il est facile d'en conclure que le ménage cri moyen produit beaucoup d'eaux usées. Le fait que les pompes d'assèchement se vidangent également dans les fosses septiques plutôt que dans l'égout pluvial aggrave énormément la situation. Lorsque les maisons ont été construites, personne n'a pensé à installer des dispositifs de conservation de l'eau, comme des réducteurs de débit pour la douche. Au moment de la construction, ces dispositifs auraient pu être installés pour ainsi dire sans frais supplémentaires, réduisant ainsi les problèmes de surcharge des fosses septiques.

D'autres exemples de lacunes au niveau de la planification comprennent notamment l' "oubli" que le groupe électrogène qui alimente l'agglomération en énergie n'est pas assez puissant pour faire fonctionner un système de pompage central de l'eau, ou l'absence de services auxiliaires en cas de panne du service principal. Cet hiver, dans l'une des agglomérations indiennes, le groupe électrogène est tombé en panne et la conduite maîtresse a gelé et éclaté seulement quelques mois après avoir été installée à grands frais, parce qu'il n'y avait pas de système d'alimentation auxiliaire et que personne n'était qualifié pour vidanger le système (voir ci-dessous).

MANQUE DE RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES ET ABSENCE DE PERSONNEL QUALIFIÉ SUR LE TERRAIN

S'il faut faire venir par avion un réparateur et des pièces de rechange presque chaque fois qu'il y a une panne relativement insignifiante, c'est parce qu'on n'a pas formé d'opérateurs locaux compétents et aussi parce qu'on a négligé d'emmagasiner les pièces de rechange courantes. Il est très difficile à celui qui doit téléphoner dans le Sud de décrire la nature du problème au réparateur, puisqu'il n'a même pas reçu une formation de base. Il faut donc supposer qu'il sait qui appeler lorsqu'un problème se présente, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Lorsque le réparateur arrive par avion, il risque fort de ne pas avoir la bonne pièce de rechange avec lui. La "période d'arrêt" des services publics essentiels dépasse donc de beaucoup ce qui serait jugé acceptable dans le Sud. La santé des habitants peut être mise en danger et les coûts d'entretien du système subir une hausse exagérée.

Il est absolument nécessaire de former des opérateurs qui connaîtront le fonctionnement de base des systèmes, les mesures à prendre et les méthodes à suivre en cas d'urgence, comme par exemple la vidange du système d'adduction d'eau en cas de panne d'électricité. Un personnel local qualifié doit être considéré comme partie intégrante de l'infrastructure des services publics si l'on ne veut pas que la planification la plus soigneuse et les techniques les plus modernes deviennent rapidement inutiles.

MANQUE D'INFORMATION DES USAGERS

Lorsque la population locale n'a aucune idée du fonctionnement d'un système ou de la fonction de chacune de ses composantes, on peut se retrouver dans une situation très insolite. Les enfants de l'une des agglomérations cries se baignaient régulièrement dans la lagune d'eaux usées.

Mais revenons plutôt à notre premier exemple des fosses septiques, pour voir de quelle façon le manque d'information des usagers peut nuire à l'efficacité d'un système. Personne n'avait jamais dit aux habitants des agglomérations cries que certains articles, comme le papier épais, les mégots de cigarettes, etc., qui ne se décomposent pas rapidement, ne devaient pas être jetés dans les fosses septiques et qu'on ne devait pas y introduire d'eau de javel. Les eaux ménagères déversées dans la fosse septique contiennent souvent beaucoup de désinfectant car dans les familles nombreuses, chaque jour est pour ainsi dire jour de lessive et l'on se sert également d'eau de javel pour désinfecter les toilettes. Cela peut ralentir considérablement l'efficacité de la fosse. Par ailleurs, les résidents n'ont pas la moindre notion des techniques de conservation de l'eau qui permettraient de réduire les quantités d'eaux usées ménagères évacuées dans la fosse septique.

Le manque de connaissances sur l'utilisation générale des systèmes ménagers, y compris des informations sur les dangers de la surcharge du circuit électrique d'une maison ou sur l'utilisation correcte des thermostats pour contrôler la température à l'intérieur de la maison, est un autre exemple d'un manque d'information pouvant entraîner des conséquences fâcheuses.

Une mauvaise utilisation des thermostats fait augmenter les factures de chauffage et la surcharge du système électrique représente assurément un risque d'incendie, ce qui est d'autant plus grave que la plupart des agglomérations n'ont pas de service d'incendie.

CONCLUSION

Le problème de l'aménagement de services publics dans les régions froides est beaucoup plus qu'un défi technique intéressant. Il faut non seulement établir les caractéristiques physiques de la région, mais connaître également la situation économique et sociologique de la collectivité.

Voici quelques recommandations concernant la planification de l'aménagement de services publics dans les régions nordiques. Il faudrait:

1. connaître la collectivité qui bénéficiera des services, le nombre de personnes dans chaque ménage, leurs habitudes de vie, leur expérience de systèmes similaires;
2. s'assurer de l'existence de systèmes auxiliaires adéquats;
3. avoir en stock les pièces de rechange appropriées;
4. communiquer aux autorités locales les noms des personnes ressources auxquelles on peut faire appel lorsqu'un problème surgit;
5. former des opérateurs locaux qui connaîtront le fonctionnement et la gestion des systèmes et s'assurer qu'ils disposent de guides détaillés d'E & E et qu'ils les comprennent;
6. considérer toutes les conséquences liées aux options envisagées;
7. s'assurer de la compatibilité de tous les systèmes ou, mieux encore, avoir recours à un organisme indépendant - les personnes aux prises avec un problème ne peuvent souvent y voir clair;
8. ne pas oublier que tout coûte plus cher dans le Nord - les concepteurs doivent s'assurer que la collectivité ne se retrouvera pas avec un système qu'elle n'a pas les moyens d'entretenir;
9. s'assurer que la population locale connaît l'utilisation adéquate de tous les équipements et les dangers d'une mauvaise utilisation;
10. toujours envisager la pire situation.

ANALYSE ÉCONOMIQUE DES POSSIBILITÉS EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE SERVICES SANITAIRES DANS LES RÉGIONS SEPTENTRIONALES DU CANADA

James J. Cameron, ingénieur-conseil

INTRODUCTION

Par le passé, les ingénieurs ont souligné l'importance de mettre au point des techniques pour répondre au défi que représente l'aménagement de services publics dans le Nord. De nos jours, on leur demande de plus en plus de confronter leurs conceptions à la réalité sociale et écologique, et d'effectuer une analyse économique rigoureuse.

Le présent article traite de l'analyse économique des systèmes d'approvisionnement en eau et des services sanitaires dans les agglomérations nordiques. Les grandes lignes de l'approche "coûts-efficacité" sont présentées, de même qu'un programme informatique élaboré pour faciliter l'analyse et une étude des possibilités en matière d'approvisionnement en eau et de services sanitaires s'offrant à Fort McPherson (T.N.-O.). Le cas de Fort McPherson sert à illustrer l'application de l'approche coûts-efficacité et du programme informatique.

L'APPROCHE COÛTS-EFFICACITÉ

On considère la valeur actuelle nette de tous les avantages et coûts comme une base théorique suffisante pour justifier les dépenses engagées pour l'aménagement de services publics. Il est clair que la prestation de services adéquats en matière d'eau et d'hygiène est la clé d'une bonne santé mentale et physique et celle du développement économique d'une collectivité. Toutefois, l'aménagement de services publics n'est pas à lui seul un gage de l'amélioration de la santé et de la qualité de la vie, d'une diminution des coûts médicaux ou d'une augmentation de la productivité (White et Sevoir, 1974). Aucune méthode rigoureuse d'analyse économique n'a encore été mise au point pour quantifier les avantages sociaux entraînés par l'amélioration des systèmes d'approvisionnement en eau et des services sanitaires. Le rapport entre le niveau de service et les avantages n'a pas encore été défini. La sélection du type de système (un réseau de canalisations ou un service de transport par véhicule, par exemple), comporte des jugements de valeur et aura une incidence sur le logement, la planification, les possibilités d'emploi et la répartition des ressources.

Dans l'approche coûts-efficacité, les considérations sociologiques et les avantages tirés de l'amélioration des services publics n'entrent pas directement en ligne de compte. L'analyse s'attache plutôt à déterminer les dépenses entraînées par chaque système envisagé et s'en sert à des fins de comparaison. Ainsi, on peut effectuer une évaluation réaliste de l'opportunité relative des différents types de systèmes et niveaux de service en fonction de leurs coûts.

L'analyse économique est partie intégrante de la conception technique, y compris l'optimalisation des composantes, comme la taille du camion ou des conduites, et la détermination de l'incidence sur le coût total et le coût-efficacité des changements d'équipements, de composantes, ou des modifications dans ou l'estimation des coûts.

Méthode d'analyse économique. L'analyse coûts-efficacité doit considérer tous les coûts liés aux systèmes d'eau et d'égout, peu importe qui paie les services. Il ne faut pas tenir compte des subventions, des octrois et des revenus, car ils fausseraient l'analyse de la rentabilité économique.

L'étude des différentes possibilités doit tenir compte du fait que les dépenses se font pendant une période de temps donnée. Le coût initial en capital pour concevoir et aménager des installations fixes est habituellement élevé; viennent ensuite des dépenses périodiques pour modifier les installations afin de répondre à la croissance démographique, puis le coût du remplacement des installations vétustes. Finalement, il faut tenir compte des dépenses annuelles d'E & E pour chaque installation ou composante du réseau de services publics.

L'analyse économique du service de transport par camion comparé au réseau de canalisations est classique: le premier système présente un coefficient de capital élevé, le second, un coefficient de main-d'oeuvre élevé. L'analyse de la valeur actualisée se fait comme suit: on calcule, année par année, le coût en capital et les dépenses d'E & E liées à chaque composante du système pour une période donnée, puis on les ramène à une valeur actuelle conformément au taux d'escompte. La valeur actualisée totale d'une option est égale à la somme des valeurs actualisée de ses composantes. Le système ayant la plus faible valeur actualisée constitue la solution la plus rentable.

Période de planification. La valeur actualisée de chaque option doit être étudiée à l'intérieur d'une même période pour ne pas fausser la comparaison. La "période de planification" est généralement de 20 ans.

Taux d'actualisation. Le taux d'escompte reflète les fluctuations de la monnaie. Il permet de ramener les dépenses futures à une valeur actuelle équivalente, ce qui facilite la comparaison.

Dans le secteur privé, le taux d'escompte reflète le taux des intérêts payés sur les emprunts. Dans le cas des projets gouvernementaux, il est appelé "taux du coût des avantages sociaux" dans le "Guide d'analyse des avantages-coûts" (Secrétariat du Conseil du Trésor, 1976). S'agissant de fixer le taux, on considère qu'il y aura gaspillage de fonds si le taux d'actualisation servant à évaluer les dépenses publiques ne reflète pas le taux de rendement marginal de montants équivalents investis dans le secteur privé.

Le taux exact à utiliser n'est pas établi avec certitude. Aussi, le Secrétariat du Conseil du Trésor (1976) recommande une évaluation de la variation des résultats en fonction du taux. À l'heure actuelle, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (G.T.N.-O.) recommande de fixer un taux de 8 p. 100, tout en effectuant des analyses avec des taux de 4 et 12 p. 100.

Inflation. Lors de l'évaluation des coûts et avantages futurs, rien n'est prévu en ce qui a trait aux fluctuations de prix causées par le taux général d'inflation ou de déflation: "De telles fluctuations des prix représentent de purs effets monétaires et ne nous renseignent pas sur l'incidence d'un projet sur l'ensemble de la production ou de la consommation réelles dans l'économie" (Secrétariat du Conseil du Trésor, 1976, page 18). Il s'ensuit que lorsqu'on détermine le taux d'actualisation permettant d'obtenir les coûts futurs à partir des valeurs actuelles, on ne devrait pas tenir compte des fluctuations de prix prévues.

Croissance. Une analyse des solutions viables s'offrant à une collectivité pendant la période de planification permettra de déterminer quel est le système le plus rentable à l'heure actuelle. Toutefois, dans certains cas, certaines options peuvent apparaître plus attrayantes sur le plan économique si elles étaient mises en place quelques années plus tard, lorsque la population de la collectivité et la demande en eau auront augmenté. Une analyse économique doit donc également aborder l'aspect coûts-efficacité des systèmes dans les années futures, pour déterminer si la croissance de l'agglomération ou d'autres aménagements futurs auront une incidence sur le choix et la planification à long terme des services publics.

Étalement. Dans de nombreuses collectivités, le niveau actuel des services publics et du logement sont en-deçà des objectifs les plus conservateurs et de la politique du gouvernement des T.N.-O. Bon nombre d'habitations sont surpeuplées et ne sont pas dotées d'installations de plomberie. Les programmes de rénovation et de construction de nouvelles maisons destinés à redresser cette situation, entraîneront une augmentation graduelle du nombre de bâtiments qui pourraient tirer profit d'un niveau de service supérieur. L'étalement de ces améliorations aura une influence sur le coût des systèmes et doit donc être pris en compte dans l'analyse économique.

Installations existantes. Il faut commencer par déterminer les coûts d'un système d'approvisionnement en eau et de services sanitaires comme si l'agglomération en était démunie. Il est nécessaire d'avoir recours à cette approche pour obtenir une analyse économique qui n'est pas influencée par les décisions antérieures. Les installations existantes, qui peuvent ne pas être rentables, ne devraient pas prédéterminer le choix des systèmes futurs. L'on doit cependant effectuer une autre analyse qui tienne compte des installations existantes et des dépenses prévues pour chaque option; cette analyse fournira une orientation à court terme. Il faudrait toutefois que la mise en place du système le plus rentable à long terme, désigné par l'analyse initiale, reste l'objectif à atteindre.

Coût marginal. Afin d'établir le budget, il faut connaître, outre le coût total d'un nouveau système, les dépenses immédiates en capital nécessaires pour améliorer les installations existantes, afin d'atteindre le niveau de service désiré.

Systèmes d'approvisionnement en eau, services sanitaires et hypothèses connexes. L'utilisation de systèmes rattachés aux habitations individuelles comme les puits et les fosses septiques est limitée dans la partie sud-ouest des T.N.-O. par la présence de pergélisol et de roc précambrien. Il reste donc à l'analyste à comparer les coûts relatifs d'un réseau de canalisations et d'un service de transport par véhicule. Chacune de ces options comporte toutefois de nombreuses variantes, et il reste toujours possible de combiner les deux systèmes. La figure 1 présente sous forme de schéma les différentes options en matière d'approvisionnement en eau et de services sanitaires. Plusieurs composantes de divers systèmes ont une même fonction de base. Toutefois, il n'est pas toujours possible de construire et les coûts peuvent varier.

Système de transport par véhicule. Le niveau de service fourni par un système de transport par camion est variable et dépend habituellement du taux de consommation d'eau. Dans les maisons sans plomberie, la consommation d'eau n'atteint en général que de

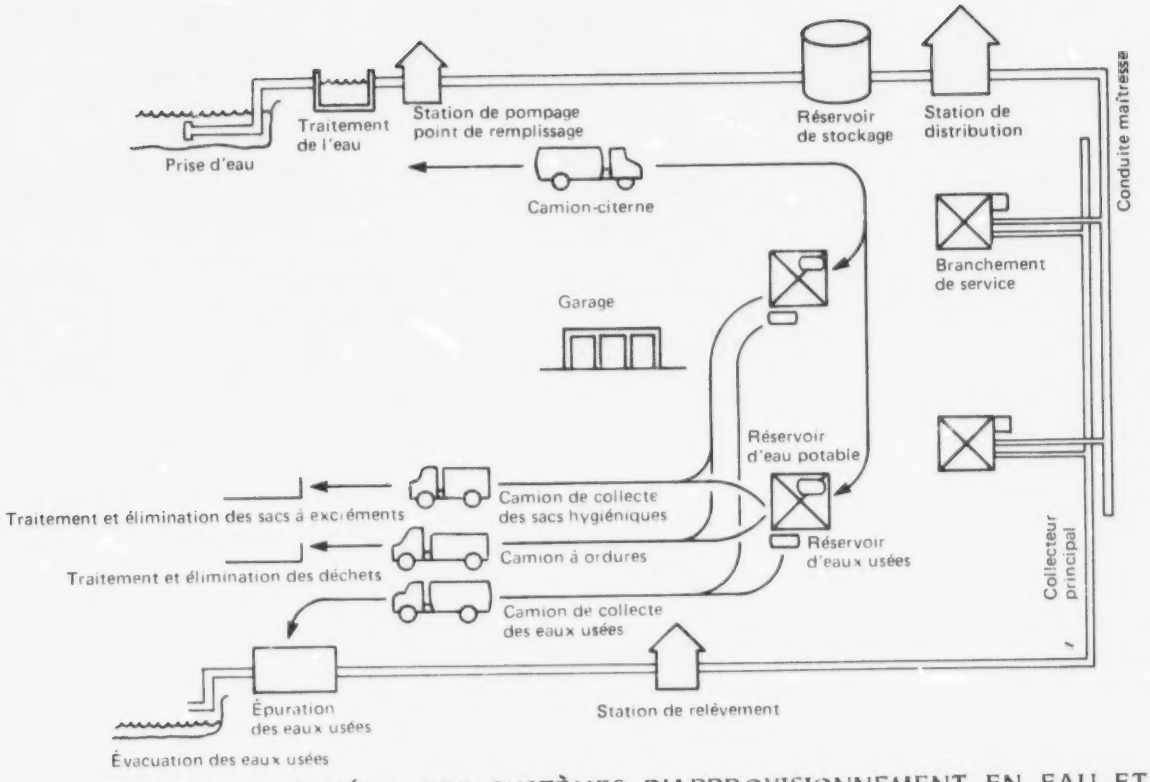


FIGURE 1 SCHÉMA DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE COLLECTE DES EAUX USÉES PAR CANALISATIONS ET PAR CAMIONS

10 l/pers./d. La plomberie rudimentaire de l'habitation en est la cause principale, et non pas le service de livraison. Les ménages dotés de réservoirs de stockage pour l'eau potable et les eaux usées et d'installations complètes de plomberie consomment généralement 90 l/pers./d, ce qui constitue un niveau de service équivalent à celui d'un réseau de canalisations. On estime que la consommation d'eau peut être ramenée à 50 l/pers./d sans inconfort ou danger pour la santé, grâce à l'utilisation de techniques de conservation de l'eau (Cameron et Armstrong, 1979). L'analyse économique devrait tenir compte de l'incidence de la consommation d'eau sur le coût total du système.

Les coûts reliés à un système de transport par véhicule comportent notamment les coûts en capital et les frais annuels d'E & E liés aux installations fixes comme la prise d'eau, le réservoir de stockage et la station de traitement de l'eau, une conduite d'amenée et un émissaire, si nécessaire. La taille de ces composantes est adaptée aux débits d'eau prévus dans le cas d'un système d'approvisionnement par camion. Il faut acquérir des camions-citernes et des véhicules de collecte des eaux usées, afin de desservir les secteurs résidentiels et non résidentiels, et pour remplacer les vieux camions. Il faut prévoir une place de stationnement dans un garage pour chaque camion. Les coûts annuels du camionnage comportent le coût de la main-d'oeuvre et les coûts d'exploitation des camions. On suppose que le service par véhicule n'entraîne aucun profit, qu'il soit exploité par le gouvernement, la collectivité ou un entrepreneur. Par conséquent, le coût de la main-d'oeuvre comprend uniquement le paiement des salaires et les bénéfices des employés. Le coût des réservoirs d'eau potable et d'eaux usées des différents bâtiments

est également inclus dans le coût du service par camion, pour permettre la comparaison avec un réseau de canalisations. La plomberie et les accessoires internes ne sont pas inclus puisqu'ils sont communs à tous les systèmes.

Les frais d'administration des services publics, comme le recouvrement des revenus et la gestion du personnel, ne sont pas inclus. Les frais d'aménagement des routes à l'intérieur de la localité ou de routes d'accès ne sont habituellement pas retenus puisqu'ils sont considérés comme un service essentiel indépendant du service d'eau et d'égout. L'analyse ne tient pas compte des avantages d'un service de lutte contre les incendies; le coût du stockage de l'eau en prévision de la lutte contre l'incendie ou celui d'un débit d'eau d'incendie peuvent toutefois influer sur la conception du système.

Réseaux de canalisations. Les coûts reliés aux réseaux de canalisations comportent les dépenses en capital et les dépenses annuelles d'E & E des installations fixes comme la prise d'eau, la canalisation d'alimentation et l'émissaire. La taille de ces composantes est conçue pour répondre à la demande future en eau.

Des conduites maîtresses et des collecteurs principaux doivent être aménagés pour desservir les bâtiments existants et futurs. Le coût des branchements particuliers est compris dans le coût du réseau, mais non pas celui de la plomberie et des accessoires à l'intérieur des habitations.

On ne tient pas compte des frais d'administration.

Il faudrait envisager la possibilité de réseaux de canalisations avec pompes, réservoirs de stockage et systèmes de distribution qui permettent (dans une mesure plus ou moins grande), de lutter contre l'incendie. On n'évalue pas les avantages économiques du fait qu'un réseau de canalisations est doté d'un débit d'eau d'incendie.

Systèmes combinés. Les hypothèses valables pour les systèmes de transport par camion et les réseaux de canalisations s'appliquent également à ces services. On suppose que des conduites d'alimentation et un émissaire sont nécessaires, même lorsqu'une portion seulement de l'agglomération est desservie par des canalisations.

Le coût des installations fixes est déterminé par la capacité totale nécessaire pour le service d'approvisionnement par canalisations ou par camion, et dépend par conséquent de la demande en eau de chaque système.

Service d'enlèvement des ordures ménagères. Ce service comporte le ramassage des poubelles à chaque habitation et le transport des ordures jusqu'à un emplacement de traitement et d'élimination. Le traitement des ordures ménagères est peu connu dans les T.N.-O. et leur élimination n'est habituellement qu'une forme de décharge modifiée.

Le coût du service de collecte des ordures ménagères est distingué du coût des services d'eau et d'égout. Il comporte notamment le coût des camions et du garage, les frais annuels de main-d'oeuvre et les coûts d'exploitation des camions. Il faudrait inclure dans l'analyse économique le coût en capital et les frais annuels d'E & E des diverses installations de traitement et d'élimination des ordures.

PROGRAMME INFORMATIQUE D'ANALYSE DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DES SERVICES SANITAIRES

L'approche coûts-efficacité décrite brièvement ci-dessus nécessite un grand nombre de calculs pour optimaliser composantes et systèmes et pour vérifier la sensibilité de l'analyse économique aux variations du taux d'escompte, du taux de croissance, de

l'étalement, de la consommation d'eau, etc. L'effectuation d'une analyse concernant une seule agglomération peut représenter une tâche énorme. Si cela est tout de même souhaitable dans bon nombre d'agglomérations, pour l'établissement de politiques ou de budgets, par exemple, les avantages de l'ordinateur deviennent évidents.

Un programme informatique a été mis au point dans le cadre de la Politique sur les systèmes d'approvisionnement en eau et services sanitaires de 1974 (Gamble et Christensen, 1974), ce qui a joué en faveur de la demande présentée au Conseil du Trésor (Christensen, 1979). Le programme comportait toutefois certaines hypothèses et limitations majeures. Une réévaluation de la politique en 1976 a entraîné la création d'un projet conjoint entre la sous-section de la technologie nordique du Service de la protection de l'environnement et le département de l'Administration locale du gouvernement des T.N.-O., en vue de mettre au point un nouveau programme informatique (Cameron, 1979).

Les grandes lignes de ce programme informatique sont présentées ci-dessous.

Méthodologie et application du programme. Le programme informatique a été conçu comme un outil gestionnel, budgétaire et technique. Dès la première phase de sa mise au point, il a fallu choisir entre une approche technique très précise qui aurait nécessité une enquête approfondie sur le terrain et l'examen de centaines de variables individuelles, et une approche budgétaire informatique qui s'intéresse principalement au coût total. De plus, afin de répondre aux besoins divers des collectivités, le programme devait être très général sur le plan informatique, tout en se prêtant à des améliorations futures ou à un élargissement de son champ d'application.

L'approche utilisée a consisté à diviser les systèmes d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées en diverses composantes communes: prises d'eau, réservoirs de stockage, station d'épuration des eaux usées et émissaire (figure 1). Chaque composante est représentée mathématiquement et les équations se rapportant aux différents coûts sont identifiées à l'intérieur du programme. Ces équations s'appuient sur un ensemble de données générales sur les coûts et les caractéristiques de rendement des composantes des systèmes et de l'équipement; ces données sont dérivées de l'évolution des coûts et des normes techniques de conception aussi bien que de l'expérience. L'utilisateur du programme peut obtenir une évaluation des coûts à l'aide de la base de données générales; il peut également préciser le coût unitaire d'une composante quelconque, si les conditions locales nécessitent une conception unique, ou si l'on dispose d'informations sur les coûts dans une localité donnée.

Les données sur l'agglomération introduites par l'utilisateur sont habituellement des renseignements d'ordre général, comme le nombre d'habitants et le taux de croissance, ou des renseignements ponctuels, comme l'éloignement de la source d'approvisionnement et tout coût unitaire particulier qui doit être utilisé, et finalement des renseignements sur les bâtiments desservis, leur nombre et leurs caractéristiques, comme par exemple le taux de consommation d'eau, le nombre d'usagers par catégorie de bâtiments et pour combien d'années à venir.

La simulation des opérations de transport par camion est réalisée grâce à un modèle composé d'une série d'équations temporelles et spatiales se rapportant à une séquence idéalisée de livraison et de collecte. Les coûts d'exploitation des réseaux de canalisations sont pour leur part obtenus au moyen d'équations directement liées à la capacité et au coût unitaire du réseau.

L'utilisateur du programme précise les options de service en déterminant les composantes nécessaires et le mode de distribution, par véhicule ou par réseau de canalisations. Outre les données qui se rapportent à l'environnement physique de la collectivité à l'étude, le programme enregistre, année par année, le coût en capital et les frais d'E & E de l'option considérée à l'intérieur d'une période de planification déterminée, 20 ans par exemple.

Pour obtenir le coût relatif de deux options, les coûts annuels liés à une durée de planification déterminée sont ramenés à leur valeur actuelle. Le calcul de ce coût et de la valeur actualisée est répété, chacune des 20 prochaines années constituant la première année d'une nouvelle analyse. Ainsi, la dernière analyse fournirait les coûts d'un système mis en opération la 20ième année pour fonctionner jusqu'à la 49ième année. On obtient ainsi une indication de la façon dont le rang économique relatif des différentes options peut varier en fonction du taux de croissance ou d'autres facteurs liés au futur de la collectivité.

La figure 2 présente le schéma général du programme informatique.

Le programme n'optimalise pas les systèmes en vue d'obtenir le coût le plus bas possible. Pour ce faire, il faut changer les données, repasser le programme et comparer les résultats. Les équations utilisées ont été établies uniquement à partir de variables et non de valeurs constantes, afin que les changements puissent se faire facilement en manipulant la base de données plutôt que le corps du programme, ce qui permet un maximum de flexibilité. De plus, le programme de type "interactif", ce qui facilite l'entrée et la manipulation des données. L'utilisateur peut introduire des données, étudier la base actuelle de données ou dialoguer avec l'ordinateur à l'aide d'un terminal.

Le programme informatique, écrit en FORTRAN, a été conçu pour l'ordinateur HP/3000 III du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest.

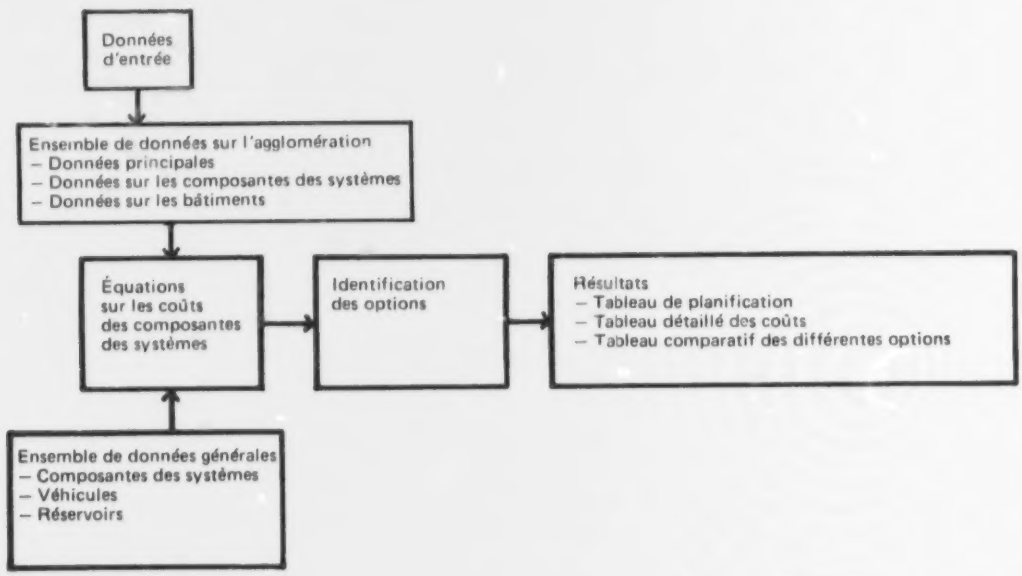


FIGURE 2 SCHÉMA GÉNÉRAL DU PROGRAMME INFORMATIQUE

Résultats. Le programme fournit un tableau de planification, un tableau détaillé des coûts liés à chaque option de service, de même qu'un tableau comparatif des différentes options comportant jusqu'à cinq variables.

Le tableau de planification présente, année par année, les coûts en capital et les frais d'E & E qu'implique une option particulière, d'un moment déterminé jusqu'à la fin de période de planification. Le tableau 1 donne un exemple des résultats obtenus dans le cas d'un service de transport envisagé pour l'agglomération fictive de "Typical Arctic", qui compte 1000 habitants.

Le tableau détaillé des coûts présente la ventilation détaillée des coûts de chaque composante d'une option en matière d'approvisionnement en eau et de services sanitaires, pour toute année de la période de planification. L'exemple du tableau 2 donne les coûts du service de transport par véhicule pour l'an 1 ou première année d'exploitation.

Le tableau comparatif résume les valeurs actualisées totales pour chaque série de périodes de planification et pour un total de cinq options de service. L'exemple du tableau 3 indique qu'un système de transport par véhicule complété d'une conduite d'alimentation et d'un émissaire (option 2), présente la plus faible valeur actualisée jusqu'à l'an 12, alors qu'un réseau de canalisations complet s'avère plus économique.

Hypothèses et limites du programme. Les hypothèses se rapportent aux coûts des systèmes d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées, aux données sur l'agglomération, à la méthode d'analyse économique et à la représentation mathématique des coûts et caractéristiques de rendement des composantes des systèmes.

L'utilisateur du programme informatique doit se familiariser avec les hypothèses, afin de bien comprendre le programme et d'obtenir des résultats précis. Il est également important que l'utilisateur connaisse la conception technique et la planification des systèmes, pour s'assurer de la faisabilité ou de la justesse des options sélectionnées à des fins d'analyse ou d'entrée des données.

Les résultats du programme dépendent des données introduites; il convient donc d'être minutieux car une erreur au niveau de l'introduction des données ne pourra qu'entraîner des résultats fautifs.

ÉTUDE DES POSSIBILITÉS EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE SERVICES SANITAIRES À FORT McPHERSON

Fort McPherson, agglomération dénée d'environ 820 habitants, est situé sur la rive est de la rivière Peel, à environ 110 km au sud et à l'ouest d'Inuvik (figure 3). Cette agglomération est considérée comme la plus ancienne de la région du delta du Mackenzie, la Compagnie de la Baie d'Hudson y ayant établi un poste dès 1840.

Un réseau de services publics a été mis sur pied à la fin des données 1950 et comporte maintenant une prise d'eau flottante dans le lac Water, des pompes d'alimentation, une conduite d'eau brute de 1500 m approvisionnant l'auberge et la nouvelle aile de l'école (maintenant fermée), une usine de traitement de l'eau par coagulation-floculation, un réservoir de stockage de l'eau traitée de 450 m^3 et une station de remplissage pour camions-citernes. Un réseau partiel d'utilidors dessert seulement 15 à 20 des 130 habitations occupées de Fort McPherson. La plupart des habitations sont desservies par véhicule. Seize d'entre elles sont équipées de réservoirs d'eaux usées, tandis que près de 100 ménages utilisent des sacs à excréments et déversent les eaux de cuisine et de lavage sur le sol.

TABLEAU 1 EXEMPLE D'UN TABLEAU DE PLANIFICATION

0D-03001

Gouvernement des T.N.-O.
Systèmes d'approvisionnement en eau
et services sanitaires
Tableau de planification d'une option
001 - "Typical Arctic"

Option 1 : Service complet par véhicule

		Approvisionnement en eau et collecte des eaux usées			Service de ramassage des ordures		
Année	Nombre d'habitants	Coût en capital	Frais d'E&E	Coût total	Coût en capital	Frais d'E&E	Coût marginal
1	1 000	$2 032 691	$287 808	$2 320 499	$126 872	$45 853	$2 493 453
2	1 030	14 130	294 763	308 892	101	46 657	
3	1 061	14 553	301 991	316 544	104	47 490	
4	1 093	72 960	317 368	390 329	107	48 354	
5	1 126	214 818	334 218	549 035	11 608	49 250	
6	1 159	15 903	342 340	358 242	6 444	50 178	
7	1 194	16 380	350 787	367 167	218	51 142	
8	1 230	41 242	359 574	400 815	224	52 141	
9	1 267	196 595	368 716	565 311	11 729	53 178	
10	1 305	17 899	378 230	396 129	238	54 253	
11	1 344	1 008 301	396 169	1 404 469	121 992	58 543	
12	1 000	57 488	402 177	459 666	353	59 351	
13	1 030	213 330	412 306	625 636	11 862	60 504	
14	1 061	108 075	431 064	539 139	375	61 700	
15	1 093	56 350	442 006	498 356	386	62 940	
16	1 126	106 175	460 441	566 616	10 174	64 225	
17	1 159	217 611	472 271	689 883	12 008	65 559	
18	1 194	72 165	484 576	556 740	525	66 942	
19	1 230	40 732	497 376	538 108	541	68 377	
20	1 267	123 313	518 120	641 433	557	69 866	
TOTAL				$12 493 004	$316 418	$1 136 502	
Valeur actualisée @ 8 0%				$7 081 751			

Année 1 : Détail des coûts

	Nombre de véhicules	Coût en capital	Frais d'E&E
Approvisionnement en eau	3	$1 394 795	$182 591
Collecte des eaux usées	2	$637 896	$105 217
Ramassage des ordures	1	$126 872	$45 853
Collecte des sacs hygiéniques	0	$0	$0

TABLEAU 2 EXEMPLE D'UN TABLEAU DÉTAILLÉ DES COÛTS

UD-03008

Gouvernement des T.N.-O.
Systèmes d'approvisionnement en eau
et services sanitaires
Tableau détaillé des coûts
001 – "Typical Arctic"

Option 1 : Service complet par véhicule
Année 1
Nombre d'habitants : 1000

Composante	Coût en capital	Coût en capital amorti	Frais annuels d'E&E	Coût unitaire d'E&E	Coût unitaire moyen
Prise d'eau	$114 718	$11 684	$5 736	$ 00030	$ 00092 /l
Station de traitement de l'eau	$114 941	$11 707	$10 571	$ 00056	$ 00118 /l
Station de pompage	$95 131	$9 689	$4 757	$ 00025	$ 00076 /l
Conduite d'alimentation	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /l
Réservoir de stockage de la collectivité	$573 638	$58 426	$17 209	$ 00091	$ 00400 /l
Station de distribution	$95 131	$9 689	$4 757	$ 00025	$ 00076 /l
Conduite maîtresse et collecteur principal	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /l
Branchements particuliers	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /l
Réservoirs d'eau des habitations	$162 258	$24 181	$3 245	$ 00017	$ 00145 /l
Camions-citernes	$97 858	$29 545	$45 986	$ 00676	$ 00833 /l
Garage pour camions-citernes	$141 120	$21 031	$8 467	$ 00045	$ 00156 /l
Personnel affecté aux camions-citernes	$0	$0	$81 864	$ 00433	$ 00433 /l
Réservoirs d'eaux usées des habitations	$308 728	$46 010	$6 175	$ 00033	$ 00276 /l
Camions de collecte des eaux usées	$48 740	$14 716	$27 280	$ 00444	$ 00522 /l
Garage pour camions de collecte des eaux usées	$107 520	$16 024	$6 451	$ 00034	$ 00119 /l
Personnel affecté aux camions de collecte des eaux usées	$0	$0	$56 666	$ 00300	$ 00300 /l
Poubelles	$3 359	$841	$67	$ 04122	$ 55741 /m^3
Camions à ordures	$11 498	$3 472	$8 502	$12 90659	$15 03670 /$m^3$
Garage des camions à ordures	$60 480	$9 013	$3 629	$2 22661	$7 75711 /$m^3$
Personnel affecté aux camions à ordures	$0	$0	$12 533	$7 69010	$7 69010 /$m^3$
Conteneurs de sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
Camions de collecte des sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
Garage des camions de collecte des sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
Personnel affecté aux camions de collecte des sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
Station de relèvement	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /l
Émissaire	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /l
Épuration des eaux usées	$58 190	$5 927	$2 910	$ 00015	$ 00047 /l
Évacuation des eaux usées	$114 718	$11 684	$5 736	$ 00030	$ 00092 /l
Traitement des ordures	$12 784	$1 905	$12 784	$7 84411	$9 01311 /$m^3$
Élimination des ordures	$38 751	$5 775	$8 339	$5 11668	$8 66025 /$m^3$
Traitement des sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
Élimination des sacs hygiéniques	$0	$0	$0	$ 00000	$ 00000 /m^3
TOTAL	**$2 159 564**	**$291 320**	**$333 661**		

	Nombre de véhicules	Coût en capital	Frais annuels d'E&E	Coûts en capital amorti	Coût unitaire d'E&E	Coût unitaire amorti
Approvisionnement en eau	2 638	$1 394 795	$182 591	$358 545	$ 014	$ 023 /l
Collecte des eaux usées	1 826	$637 896	$105 217	$199 577	$ 009	$ 014 /l
Ramassage des ordures	404	$126 872	$45 853	$66 860	$35 825	$48 715 /$m^3$
Collecte des sacs hygiéniques	000	$0	$0	$0	$ 000	$ 000 /m^3

TABLEAU 3 EXEMPLE D'UN TABLEAU COMPARATIF DES DIFFÉRENTES OPTIONS

OD-03002

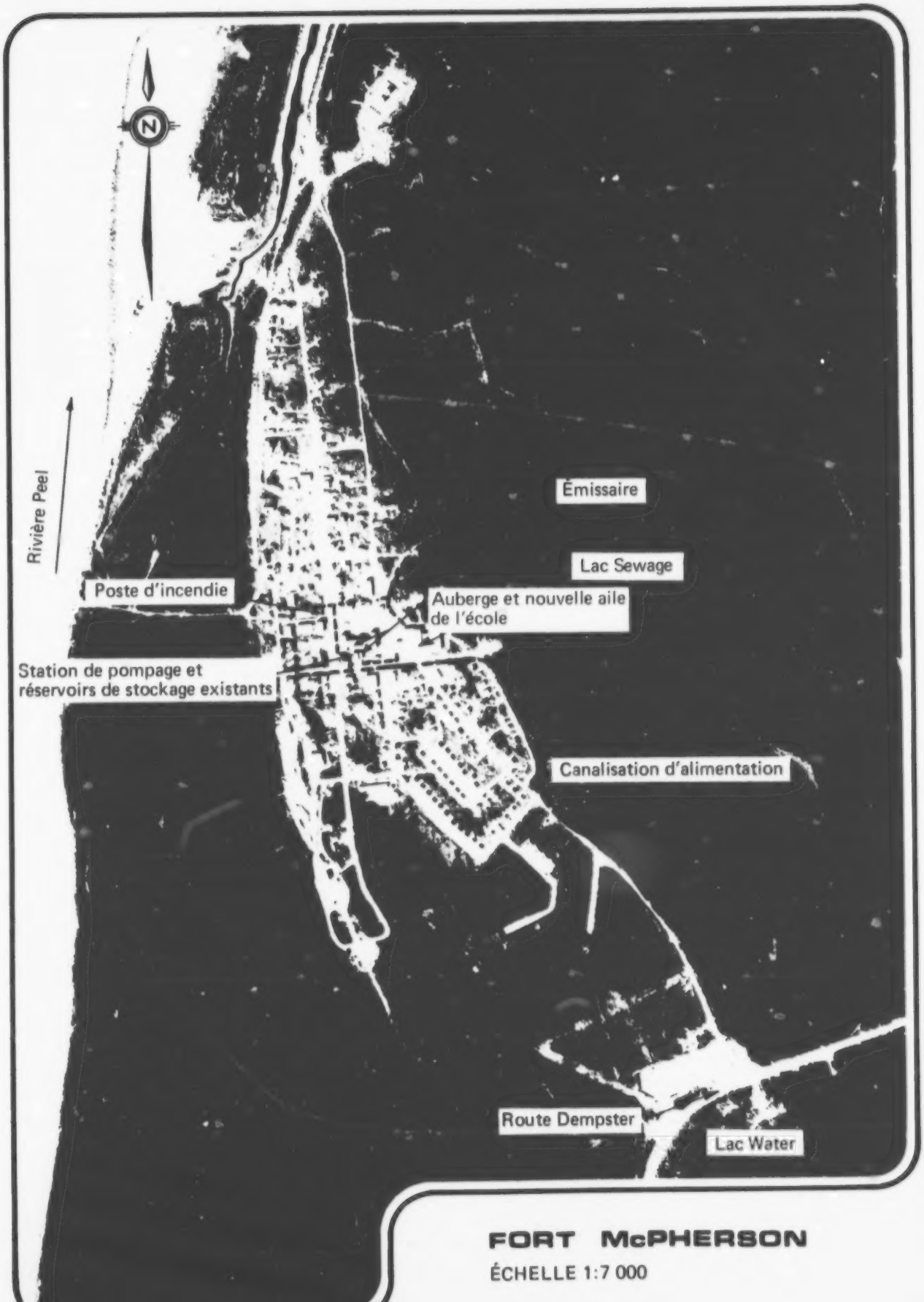
Gouvernement des T.N.-O.

Systèmes d'approvisionnement en eau
et services sanitaires

Tableau comparatif des différentes options
001 - "Typical Arctic"

Année	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5
1	$16 969 212	$16 361 848	$17 222 500	$18 777 788	$16 372 798
2	17 549 512	16 920 960	17 669 880	19 318 212	16 920 188
3	18 136 488	17 416 604	18 099 480	19 884 692	17 477 432
4	18 745 008	17 962 620	18 573 304	20 482 256	18 049 596
5	19 393 108	18 519 344	19 476 296	21 201 064	18 634 120
6	20 055 176	19 147 652	19 874 948	21 809 044	19 246 536
7	20 706 656	19 711 228	20 425 428	22 487 060	19 855 672
8	21 413 544	20 369 172	20 951 988	23 113 312	20 531 096
9	22 119 316	20 944 312	21 412 564	23 941 064	21 140 052
10	22 803 596	21 645 068	21 968 360	24 631 484	21 875 308
11	23 648 420	22 309 596	22 443 592	25 362 484	22 577 776
12	24 472 508	23 038 124	23 029 960	26 161 124	23 354 484
13	25 306 272	23 775 792	22 318 864	26 671 904	24 129 816
14	26 185 768	24 538 480	22 901 140	27 508 520	24 944 576
15	27 124 700	25 314 504	23 712 368	28 395 900	25 771 792
16	28 042 724	26 248 728	24 326 032	29 266 904	26 766 100
17	29 019 916	27 112 216	24 898 112	30 173 808	27 652 280
18	30 004 892	27 993 576	25 574 812	31 099 940	28 587 084
19	31 066 712	28 868 752	26 350 220	32 126 600	29 524 596
20	32 140 016	29 836 932	27 034 740	33 130 148	30 534 648

Option 1 – Service complet de transport par véhicule
Option 2 – Service de transport par véhicule, canalisation d'alimentation et émissaire
Option 3 – Service complet par canalisations
Option 4 – Réseau de canalisations partiel avec conduite d'alimentation et émissaire
Option 5 – Une partie de l'agglomération est desservie par canalisations, le reste, par un service complet de transport par véhicule



FORT McPHERSON

ÉCHELLE 1:7 000

Les objectifs du gouvernement des T.N.-O. en matière d'eau et d'hygiène comportent notamment la livraison d'un minimum de 90 l/pers./d à chaque habitation et l'élimination des eaux usées sans aucune manutention. Une étude a été effectuée en vue d'atteindre ces objectifs de la façon la plus économique possible (Associated Engineering Services Ltd., 1981).

Sources d'approvisionnement en eau. Le lac Water est relativement profond (8 m), fournit de l'eau de qualité acceptable, est alimenté par la crue printanière de la rivière Peel et n'est qu'à 1,3 km du centre de Fort McPherson. D'autres lacs situés autour de la ville sont beaucoup moins profonds ou beaucoup plus éloignés. Nul ne semble avoir une taille et une profondeur permettant de le comparer avantageusement au lac Water du point de vue du volume d'eau emmagasinée en hiver. Il est probable que l'écoulement est interrompu en hiver dans les cours d'eau situés près de la ville. L'utilisation de l'eau de la rivière Peel nécessiterait la construction et l'entretien d'une prise d'eau dans un lit fluvial très actif, d'une station de pompage à la prise d'eau, d'une conduite d'alimentation en eau brute relativement longue dans une plaine inondable, et l'obligation d'effectuer un traitement de l'eau relativement coûteux pendant les mois d'été et d'automne. C'est pourquoi il a finalement été recommandé que Fort McPherson conserve le lac Water comme source principale d'approvisionnement en eau.

La capacité d'emmagasinage du lac Water est suffisante pour répondre aux besoins de Fort McPherson pendant toute la période de planification, d'après les prévisions de la consommation d'eau livrée par camion. Si on aménageait un réseau de canalisations, il faudrait trouver de nouvelles sources d'approvisionnement.

Possibilités en matière d'épuration et d'évacuation des eaux usées. Les possibilités s'offrant à Fort McPherson sont surtout liées à l'emplacement du point de rejet des eaux usées. Toutes les eaux usées de l'agglomération finissent par atteindre la rivière Peel. On prévoit que le débit d'eaux usées non traitées en provenance de Fort McPherson aura des incidences minimales sur la qualité de l'eau de la rivière Peel; le gouvernement des T.N.-O. a néanmoins l'intention d'offrir l'équivalent d'un traitement primaire. Les emplacements ayant été envisagés comme points de rejet sont les suivants: la rivière Peel, en un point situé en aval de l'agglomération, le lac Sewage à l'endroit actuel d'évacuation des eaux usées, l'émissaire du lac Sewage et chacun des trois étangs sans nom situés au nord de l'agglomération.

Une analyse économique révèle que l'utilisation permanente du lac Sewage serait moins coûteuse. Toutefois, ce lac est très près de la partie aménagée de l'agglomération et ne constitue peut-être pas une solution à long terme acceptable. L'autre possibilité la plus rentable est l'étang C situé à 500 m des limites de la zone aménagée de l'agglomération. Il faudrait effectuer d'autres travaux sur le terrain et des études supplémentaires pour s'assurer que les incidences environnementales peuvent être contrôlées et pour déterminer le niveau d'eau opératoire et la conception technique appropriée.

Options en matière d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées. Trois solutions pratiques s'offrent à Fort McPherson: le transport par véhicule, un réseau de canalisations ou un système combiné. On a effectué l'analyse économique de ces systèmes à l'aide du programme informatique du gouvernement des T.N.-O. Les résultats sont résumés ci-dessous.

Analyse du système de transport par véhicule. Les camions-citernes s'approvisionnent à un réservoir de stockage, puis livrent l'eau aux différentes habitations équipées de réservoirs. Les véhicules de collecte des eaux usées pompent le contenu des réservoirs de chaque habitation pour l'acheminer à un emplacement de traitement ou d'évacuation. Ce service ne doit pas être confondu avec le système insatisfaisant des sacs hygiéniques, qui devrait disparaître d'ici 1983 (cadre de référence).

Les coûts d'exploitation des camions peuvent être réduits par la construction d'une conduite d'alimentation en eau et d'un émissaire. Parmi les facteurs qui ont une incidence sur ces coûts, on note le taux de consommation de l'eau, la grosseur des camions et la taille de l'équipe. À Fort McPherson, le raccordement de l'école et d'une buanderie centrale semble une solution logique et pratique dans le cadre du système de transport par véhicule.

La figure 4 présente, année après année, les mouvements de trésorerie (cash flow) d'un système de transport par véhicule. Les dépenses de la première année sont principalement consacrées à l'aménagement d'installations fixes. D'ici 1983, toutes les habitations devraient être équipées d'une plomberie et bénéficier d'un service complet; les dépenses futures se rapportent au remplacement des véhicules et des réservoirs individuels, et on a également tenu compte de l'augmentation escomptée de la population.

Une ventilation caractéristique des coûts annuels du service par camions est présentée au tableau 4. Tous les coûts en capital des composantes ont été amortis selon un taux d'actualisation de 8 p. 100, pour la durée de leurs vies utiles respectives.

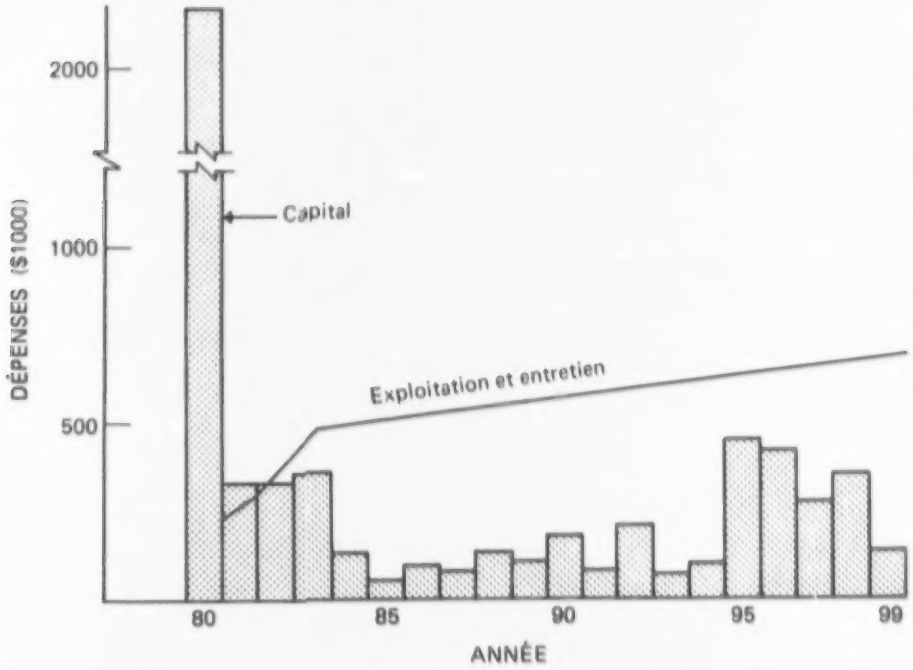


FIGURE 4 DÉPENSES ANNUELLES TOTALES EN CAPITAL ET EN FRAIS D'E & E POUR UN SYSTÈME DE TRANSPORT PAR VÉHICULE

TABLEAU 4 VENTILATION DES COÛTS ANNUELS EN CAPITAL ET EN FRAIS D'E&E D'UN SYSTÈME DE TRANSPORT PAR VÉHICULE

	Capital	E&E
Garage	3,5 %	2,1 %
Camions	8,9 %	17,0 %
Réservoirs individuels	14,5 %	2,5 %
Installations fixes	13,2 %	5,4 %
Main-d'oeuvre	-	32,9 %
Total	40,1 %	59,9 %

Le tableau 5 présente la valeur actualisée des diverses options de camionnage. Il s'agit de la valeur totale actualisée à 8 p. 100 des dépenses en capital et des frais d'E & E engagés pendant 20 ans pour des systèmes mis en place en 1980, 1984, 1989, 1994 et 1999. Les résultats révèlent qu'à l'heure actuelle, une conduite d'alimentation en eau (T2) est la solution la plus économique. Un émissaire (T3) seul n'est pas économique, mais entraîne des économies dans les années futures s'il est combiné à une conduite d'alimentation (T4).

La canalisation qui dessert l'école (T5) et la buanderie centrale avoisinante (T6) permet de réaliser des économies importantes. Cette extension logique du système de transport par véhicule est actuellement la solution la plus attrayante sur le plan économique, et on estime qu'elle le restera dans l'avenir.

Les résultats du tableau 5 révèlent l'importance du taux de consommation d'eau. Des baisses de consommation de 25 et 50 p. 100 entraîneraient une réduction des valeurs actualisées de 17 et 35 p. 100. Le profit tiré d'une réduction même modeste de la consommation justifie la teneur d'études additionnelles sur l'application de mesures de conservation de l'eau.

Le fait d'employer un seul homme plutôt qu'une équipe de deux réduit les frais de main-d'oeuvre de près de moitié et permet de réaliser une économie globale d'environ 15 p. 100. Il s'ensuit qu'une part importante des dépenses serait éliminée en augmentant l'efficacité d'un opérateur unique.

La figure 5 indique l'incidence de la taille du camion sur les coûts. Le plus gros camion, celui de 6800 litres, serait la solution la plus économique dans le cas d'un service complet par véhicule (T1). Il reste toutefois à démontrer qu'il est pratique d'utiliser un gros camion à Fort McPherson. Un camion de 4500 litres ne circulant qu'à l'intérieur de l'agglomération serait plus économique dans le cas d'un service par véhicule complété d'une conduite d'alimentation et d'un émissaire.

Analyse des services par canalisations. Un réseau complet de canalisations d'eau et d'égout dessert l'ensemble de l'agglomération. Les options comprennent notamment les réseaux dotés d'un débit d'eau d'incendie et les réseaux dont la capacité de stockage inférieure et les conduites d'alimentation plus petites ne permettent pas de lutter aussi efficacement contre l'incendie.

TABLEAU 5 VALEUR ACTUALISÉE DES OPTIONS DE CAMIONNAGE

Description de l'option de camionnage	Valeur actualisée ($ 1000)				
	1980	1984	1989	1994	1999
T1 - Service complet par véhicule	$ 9 3[illegible]	$ 10 936	$ 12 206	$ 13 697	$ 15 377
T2 - Service par véhicule et conduite d'alimentation en eau	9 370	10 831	12 147	13 514	15 134
T3 - Service par véhicule et émissaire	9 726	11 239	12 454	13 869	15 496
T4 - Service par véhicule et canalisations d'eau et d'égout	9 749	11 133	12 396	13 686	15 254
T5 - Service par véhicule, école desservie par canalisations	9 392	10 767	11 990	13 251	14 712
T6 - Service par véhicule, école et buanderie desservies par canalisations	8 936	10 268	11 432	12 628	14 017
T7 - Incidence de la consommation d'eau					
T7(a) - 90 l/pers./d (100 %)	9 392	10 767	11 990	13 251	14 712
T7(b) - 67,5 l/pers./d (75 %)	7 917	8 944	9 772	10 803	12 059
T7(c) - 45 l/pers./d (50 %)	6 219	6 856	7 500	8 294	9 103
T8 - Incidence de la taille de l'équipe					
T8(a) - Équipe de 2 hommes	9 749	11 133	12 396	13 686	15 254
T8(b) - 1 homme seulement	8 403	9 473	10 522	11 566	12 852

La figure 6 présente les dépenses en capital et les frais d'E & E d'un réseau de canalisations, année par année. Les dépenses majeures en capital surviennent la première année, lorsque le réseau est aménagé. Il faut prévoir d'autres dépenses pour desservir tous les bâtiments existants d'ici 1984, ceux qui seront aménagés ultérieurement et pour améliorer certaines installations. Les coûts additionnels pour compléter l'approvisionnement en eau à partir de 1989 sont également indiqués.

Le tableau 6 présente une ventilation caractéristique des coûts d'un réseau de canalisations. Toutes les coûts en capital sont amortis pendant la durée de leur vie utile, selon un taux d'actualisation de 8 p. 100. On peut voir que le coût des conduites maîtresses et des collecteurs principaux constitue la majeure partie (54,5 p. 100) des coûts annuels totaux.

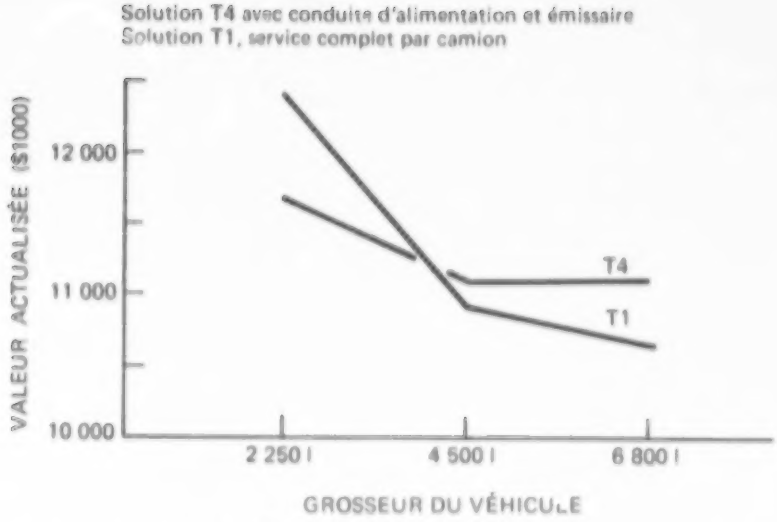


FIGURE 5 INCIDENCE DE LA TAILLE DU CAMION SUR LA VALEUR ACTUALISÉE

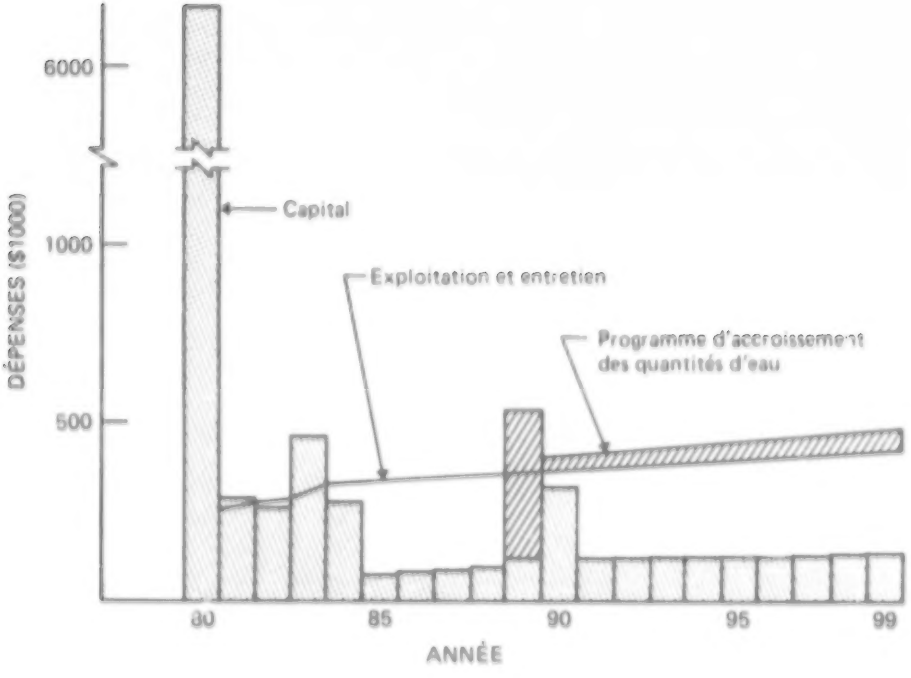


FIGURE 6 DÉPENSES ANNUELLES TOTALES EN CAPITAL ET EN FRAIS D'E & E D'UN RÉSEAU DE CANALISATIONS

TABLEAU 6 VENTILATION DES COÛTS ANNUELS EN CAPITAL ET EN FRAIS D'E & E D'UN RÉSEAU DE CANALISATIONS

	Capital	E & E
Conduites maîtresses et collecteurs principaux	34,3 %	10,1 %
Branchements particuliers	15,5 %	11,4 %
Installations fixes	19,8 %	8,9 %
Total	69,6 %	30,4 %

Le tableau 7 présente les valeurs actualisées, selon un taux de 8 p. 100, des options de réseaux de canalisations. Il s'agit de réseaux mis en place en 1980, 1984, 1989, 1994 et 1999. Le coût additionnel du programme d'accroissement de l'approvisionnement en eau est indiqué.

Les résultats indiquent que les options présentant une capacité réduite de lutte contre l'incendie sont moins onéreux. Comparativement au réseau doté d'un débit d'eau d'incendie (P1), elles permettent une économie d'environ 5 p. 100 si l'on réduit la capacité de stockage de l'eau (P2), et de près de 20 p. 100 si l'on supprime toute mesure de sécurité incendie (P3).

Il faut réduire de façon assez importante le coût unitaire des conduites maîtresses, collecteurs principaux et branchements particuliers pour faire baisser de façon significative la valeur actualisée. Il ne faut pas en déduire qu'il est inutile de chercher à réaliser des économies, mais il faut savoir que des modifications substantielles apportées aux critères techniques, à la conception, au choix des matériaux ou à la construction, sont nécessaires pour réduire sensiblement le coût total du système.

Le coût total dépend relativement peu du taux de consommation d'eau. Ainsi, des diminutions de 25 et 50 p. 100 de la consommation d'eau ne réduisent la valeur actualisée que de 3 à 5 p. 100.

Systèmes combinés. Un tel système dessert par canalisations d'eau et d'égouts une région centrale où la consommation d'eau est élevée, et un service par camions est dispensé dans le reste de l'agglomération.

Deux types de systèmes combinés ont été étudiés. L'un s'appuie sur le système actuel de Fort McPherson, et l'autre sur un prolongement de ce réseau qui permettrait de desservir un quartier de 20 maisons alignées. On a également examiné des variations du système combinant camions et canalisations, y compris une buanderie centrale, des méthodes de conservation de l'eau et une capacité limitée de lutte contre les incendies.

Les résultats de ces analyses présentent une même configuration que ceux de l'analyse des services complets par camions ou canalisations.

TABLEAU 7 VALEUR ACTUALISÉE DES OPTIONS DE RÉSEAUX DE CANALISATIONS (Cameron, 1979)

Description des options de réseaux de canalisations	Valeur actualisée ($1000)				
	1980	1984	1989	1994	1999
Coût additionnel du programme d'accroissement de l'approvisionnement en eau	$ 287	$ 455	$ 650	$ 650	$ 650
P1 - Réseau de canalisations doté d'un débit d'eau d'incendie	11 999	13 155	15 259	16 643	17 979
P2 - Réseau doté d'une capacité nominale de lutte contre l'incendie	11 542	12 657	14 704	16 041	17 036
P3 - Réseau sans capacité de lutte contre l'incendie	9 595	10 554	12 200	13 201	14 286
P4 - Incidence du coût unitaire des conduites maîtresses et collecteurs principaux					
(a) - $950/m (100 %)	11 452	12 657	14 704	16 041	17 036
(b) - $712/m (75 %)	10 332	11 310	12 984	14 046	15 299
(c) - $475/m (50 %)	9 111	9 957	11 251	12 309	13 279
P5 - Incidence du coût unitaire des branchements de service					
(a) - $7300/habitation	11 452	12 657	14 704	16 041	17 306
(b) - $5474/habitation	10 817	11 847	13 808	15 050	16 209
(c) - $3650/habitation	10 081	11 057	12 900	14 052	15 900
P6 - Incidence de la consommation d'eau					
(a) - 225 l/pers./d (100 %)	11 452	12 657	14 704	16 041	17 306
(b) - 169 l/pers./d (75 %)	11 138	12 182	14 192	15 492	16 784
(c) - 113 l/pers./d (50 %)	10 710	11 697	13 665	14 924	16 196

COMPARAISON DES OPTIONS EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE COLLECTE DES EAUX USÉES

La figure 7 confronte les valeurs actualisées des options du service de transport par véhicule, des réseaux de canalisations complet ou partiel, pour les mêmes hypothèses et un même niveau de service. Le graphique montre clairement que seul un réseau complet de canalisations sans capacité de lutte contre l'incendie peut entrer en concurrence avec le service par véhicule et le réseau partiel. Les raisons en sont les suivantes: le coût relativement élevé des réseaux de canalisations desservant des habitations unifamiliales, même lorsque les lots sont bien planifiés, la nécessité de préfabriquer les installations majeures, les conduites maîtresses et les collecteurs principaux, et le besoin d'accroître l'approvisionnement en eau lorsque le lac Water ne suffira plus à satisfaire la demande annuelle.

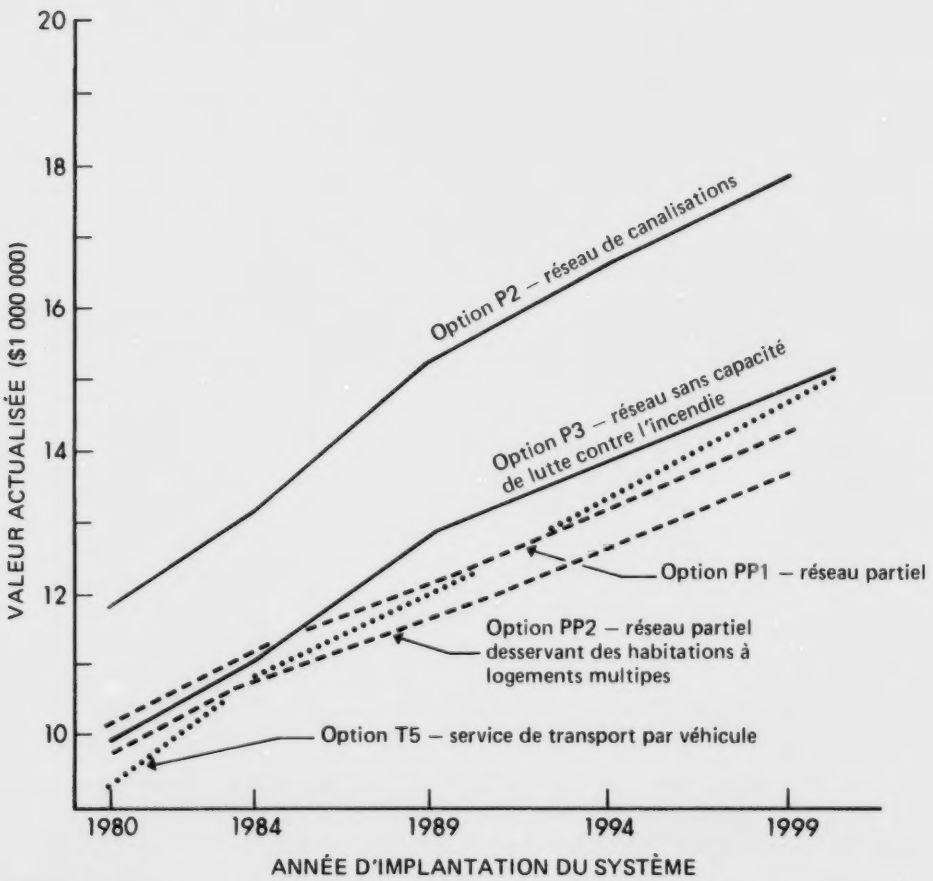


FIGURE 7 COMPARAISON DES VALEURS ACTUALISÉES DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET SERVICES SANITAIRES

Un système de transport par véhicule est plus rentable lorsque nombre d'habitations ne sont pas équipées d'une plomberie complète et que la consommation d'eau est inférieure à la valeur nominale de 90 l/pers./d. Lorsque le niveau maximal du service sera atteint (en 1983, tel que prévu dans le cadre de référence), le réseau partiel sera plus concurrentiel. Lorsque la population de l'agglomération dépassera le millier de personnes, le réseau partiel sera rentable. Un réseau partiel desservant des immeubles à logements multiples est la solution la plus rentable, dès que le niveau maximal du service est atteint.

La figure 8 illustre l'incidence du taux d'actualisation sur les services par canalisations et par véhicule. Un réseau de canalisations n'est rentable qu'à des taux d'actualisation inférieurs à 2 p. 100. Puisque cette valeur du taux d'actualisation est beaucoup plus faible que l'écart recommandé, le choix économique n'est pas influencé par la valeur choisie.

La consommation d'eau a une influence importante sur le coût des systèmes de transport par camion. La figure 9 montre que la consommation d'eau peut augmenter de près de 35 p. 100 avant que les valeurs d'actualisation des services par canalisations et par véhicule se rejoignent. Le service de transport par camion reste donc rentable pour autant qu'il se situe dans l'intervalle des valeurs recommandées de consommation d'eau jugée raisonnable.

La figure 10 sert d'illustration à une analyse des coûts du service aux habitations unifamiliales. Elle montre qu'il est plus économique de desservir ces habitations par véhicule.

Une analyse des coûts marginaux destinés à l'amélioration des installations existantes accorde de loin la première place à un réseau complet de canalisations. Les coûts marginaux du service par véhicule et du réseau de canalisations partiel sont similaires.

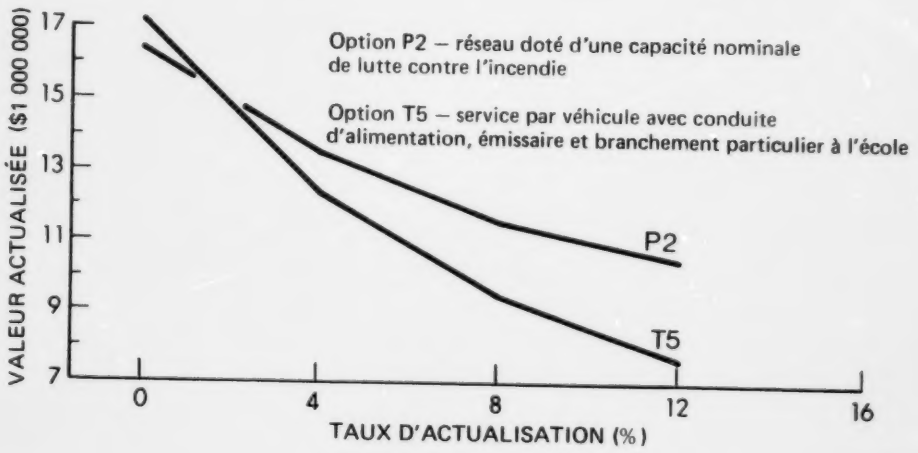


FIGURE 8 INCIDENCE DU TAUX D'ACTUALISATION SUR LA VALEUR ACTUALISÉE DES SERVICES PAR CANALISATIONS ET PAR VÉHICULE

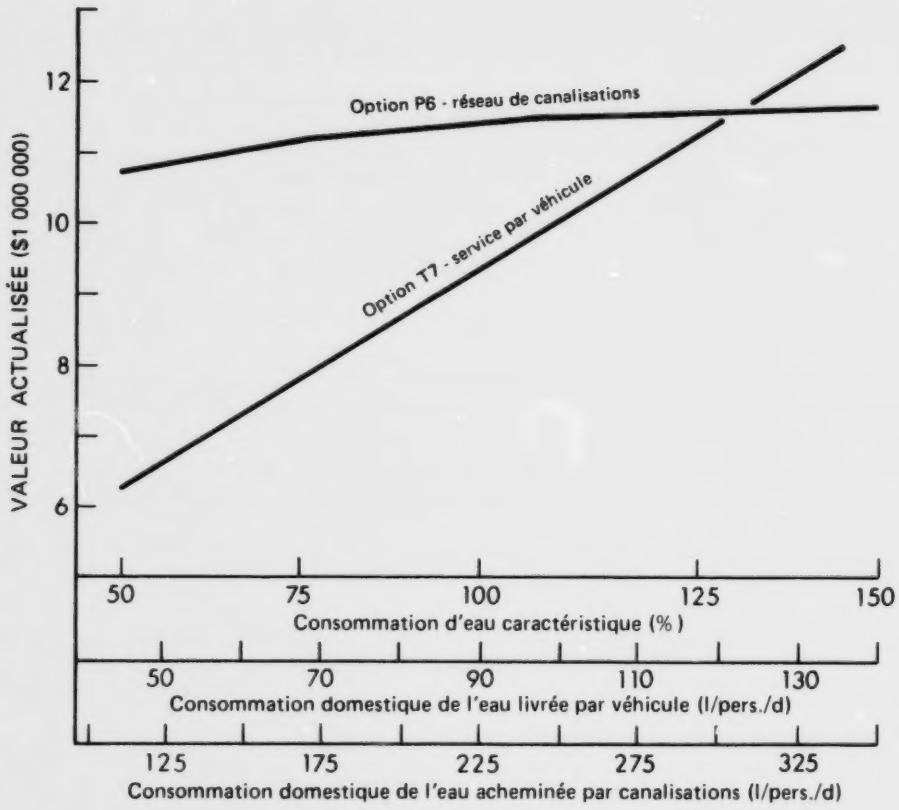


FIGURE 9 INCIDENCE DE LA CONSOMMATION D'EAU SUR LA VALEUR ACTUALISÉE DES SERVICES PAR CANALISATIONS ET PAR VÉHICULE

CONCLUSION

À Fort McPherson, un réseau de canalisations partiel complété d'un service de transport par véhicule constitue la solution la plus rentable à l'intérieur de la période de planification de 20 ans supposée pour cette étude. Un tel système est beaucoup plus flexible qu'un réseau de canalisations complet ou un service de transport par véhicule exclusivement. La région desservie par canalisations offre plus de protection contre l'incendie, tandis que le service par véhicule est plus économique dans les secteurs à faible densité de population, ou pour desservir les habitations à faible consommation d'eau. Le système combiné est également intéressant en ce qu'il permet d'employer des travailleurs locaux pour l'exploitation du réseau de canalisations aussi bien que du service.

Voilà pourquoi on a recommandé d'aménager à fort McPherson un réseau partiel de canalisations combiné à un service de transport par véhicule.

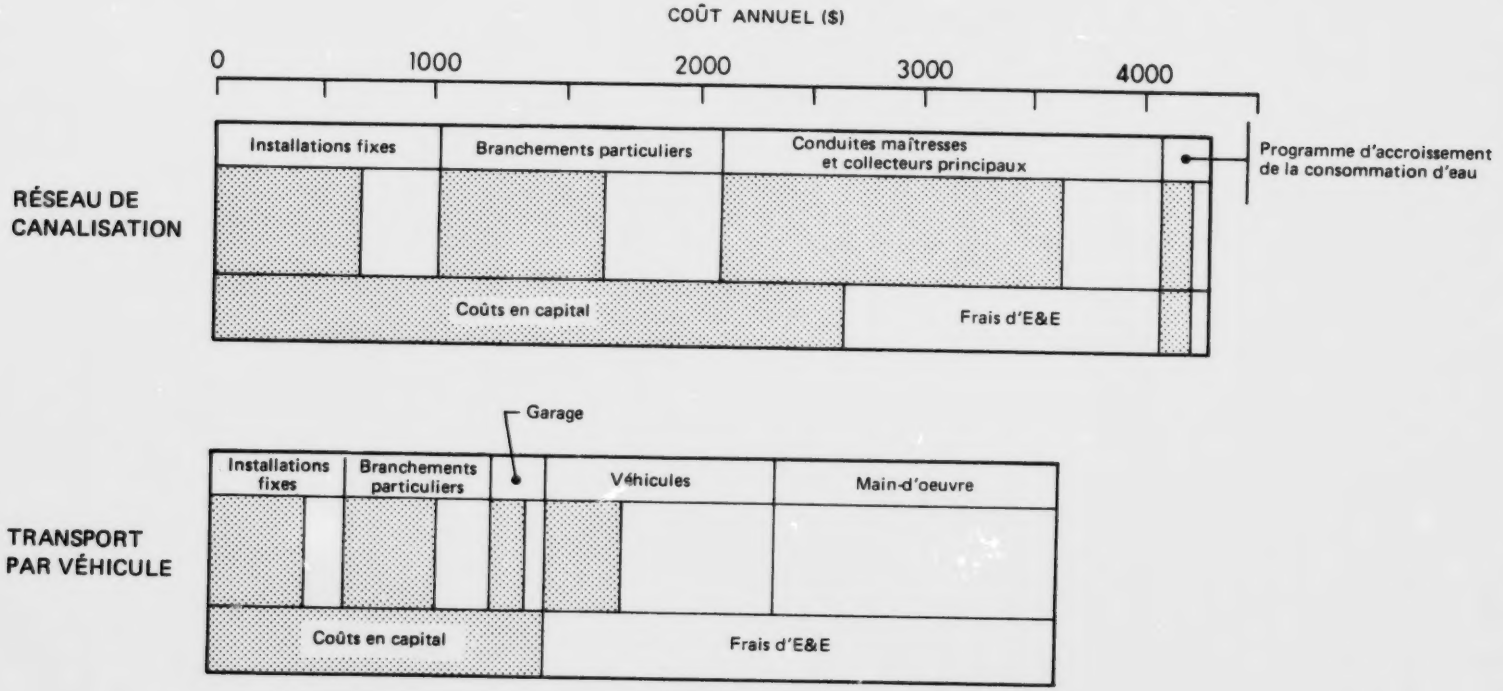


FIGURE 10 VENTILATION DES COÛTS ANNUELS PAR RÉSIDENCE DES SERVICES PAR CANALISATIONS ET PAR VÉHICULE

RÉFÉRENCES

Associated Engineering Services Limited (1981), "Water and Sanitation Alternatives, Fort McPherson, N.W.T.", rédigé pour le ministère des Travaux publics du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Cameron, J. (1979), "Water and Sanitation Systems Analysis Computer Program", sous-section de la technologie nordique, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Edmonton, Alberta, et département de l'Administration locale, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Cameron, J. et B. Armstrong (1980), "Méthodes de conservation de l'eau et de l'énergie dans le Nord", Symposium sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques (tenu les 19, 20 et 21 mars 1979 à Edmonton, Alberta), Environnement Canada, Rapport EPS 3-WP-80-5F, Ottawa, 1982, pp. 31-62.

Christensen, V. (1980), "Évolution de la politique et des programmes concernant l'eau et l'hygiène dans les Territoires du Nord-Ouest", Symposium sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques (tenu les 19, 20 et 21 mars 1979 à Edmonton, Alberta), Environnement Canada, Rapport EPS 3-WP-80-5F, Ottawa, 1982, pp. 4-9.

Gamble, D.J. et C.T.L. Jansen (1974), "Evaluation Alternative Levels of Water and Sanitation Service for Communities in the Northwest Territories," Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 1, nº 116, pp. 116-128.

Secrétariat du Conseil du Trésor (1976), "Guide d'analyse des avantages-coûts", Direction de la planification, Secrétariat du Conseil du Trésor, Ottawa, Ontario.

White, A.U. et C. Sevoir, (1974), "Rural Water Supply and Sanitation in Less-developed Countries: A Selected Annotated Bibliography", Centre pour le développement international, Ottawa, Ontario, IDRC-028e.

CONSERVATION DE L'EAU À BARROW, ALASKA

Michael R. Pollen
Northern Testing Laboratories, Inc.
Fairbanks (Alaska)

Daniel W. Smith
Département du génie civil
Université de l'Alberta, Edmonton

INTRODUCTION

La localité de Barrow en Alaska est la plus grande agglomération inuite au monde. Avec sa population d'environ 3400 habitants, Barrow détient le plus faible taux enregistré de consommation d'eau par personne de toutes les principales localités de l'Arctique. Avant la Seconde Guerre mondiale, Barrow comptait moins de 500 habitants. Un modèle géométrique de croissance s'est maintenu depuis lors (voir figure 1) (North Slope Borough, Inc., 1981).

Le coût de l'eau potable est élevé en partie en raison de l'absence d'un système d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées, et parce qu'il faut traiter l'eau brute saumâtre. Au coût de 2,6 à 4,0 cents (US) le litre (10 à 15 cents le gallon américain), la consommation quotidienne moyenne par personne n'est que de 40 à 50 litres (10,6 à 13,2 gal US/d) (Caress, 1981). La figure 2 résume les données récentes sur la consommation d'eau à Barrow.

Un certain nombre de dispositifs de conservation de l'eau ont été installés dans la collectivité, surtout dans les grands bâtiments et les complexes domiciliaires. Il s'agit de séparateurs d'eau brute et potable, de dispositifs d'évacuation à l'huile minérale, de stations de recyclage des eaux ménagères, de cabinets à très faible consommation d'eau, de cabinets à chasse sous vide et de cabinets à compost. Les méthodes d'exploitation et d'entretien de ce genre d'équipement seront décrites plus loin.

Un réseau d'utilidors souterrains est présentement en construction et la collectivité pourra bénéficier pour la première fois d'un vaste réseau d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées. La phase de transition entre l'utilisation de techniques de conservation de l'eau et l'aménagement d'un réseau complet de services est analysée.

SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET RÉSEAUX D'ALIMENTATION

La principale source d'approvisionnement en eau de la collectivité est un barrage-réservoir central qui comprend une série de barrages-déversoirs peu profonds. Les barrages ont été construits par le Public Health Service des États-Unis (PHS) au début des années 1970, en divisant un étang d'eau saumâtre (étang Isatkoak) en trois barrages-déversoirs.

Le barrage d'amont alimente en eau brute la Barrow Utilities and Electric Coop., Inc. (BUECI), une coopérative locale de services publics; les usagers sont aussi les propriétaires. L'usine de traitement de la BUECI est alimentée en eau brute par un système de prise d'eau immergé et une canalisation isolée. En raison de la couleur de l'eau, de sa turbidité, de sa teneur en fer et en matières totales dissoutes (MTD), l'eau est traitée par aération, coagulation, décantation, filtration et osmose inverse.

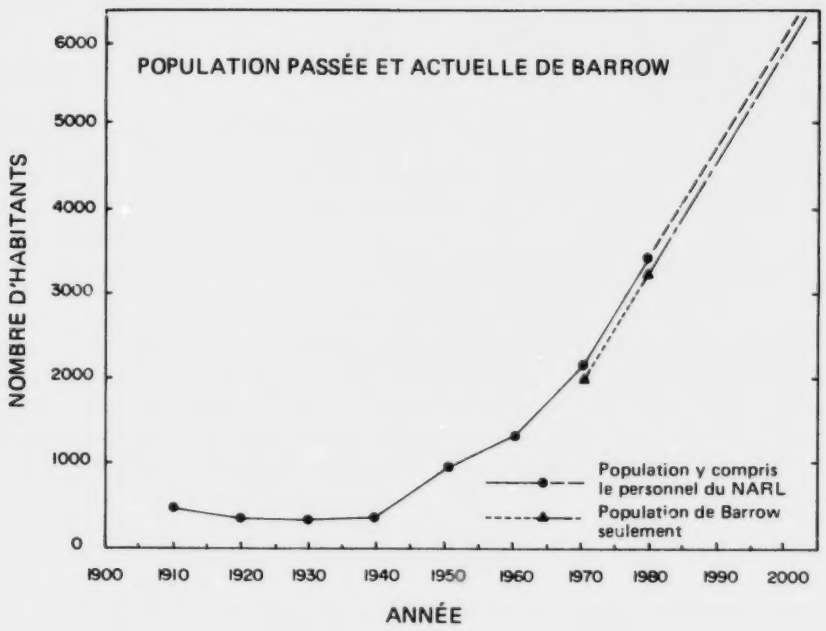


FIGURE 1 POPULATION PASSÉE, ACTUELLE ET PRÉVUE DE BARROW (ALASKA)

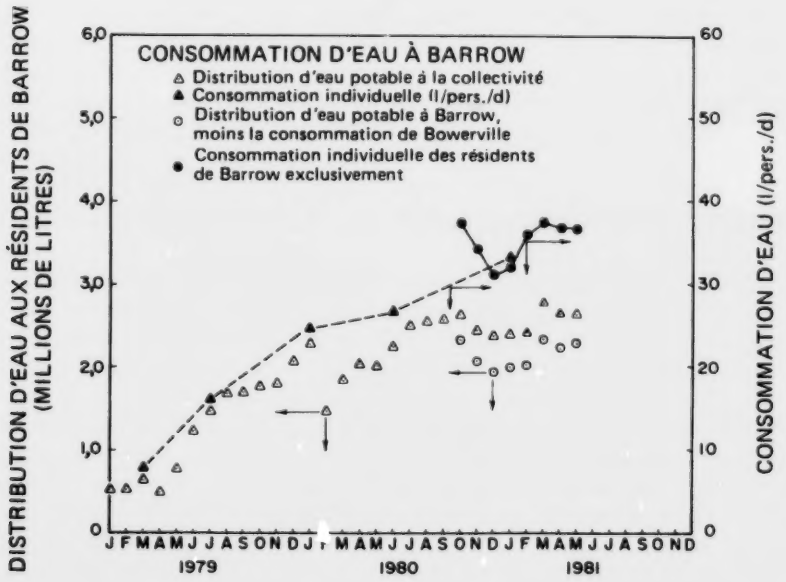


FIGURE 2 CONSOMMATION D'EAU À BARROW (ALASKA)

Le barrage central capte le trop-plein saisonnier du bassin supérieur et sert de réservoir d'appoint aux services publics. La concentration en MTD dans le bassin central est plus élevée que dans le bassin supérieur. Le barrage d'aval sert de bassin de décantation secondaire et il est nettoyé périodiquement par le trop-plein du bassin central. Ce troisième barrage se déverse dans la mer des Tchouktches.

La concentration en MTD dans les bassins augmente à mesure que la glace épaissit en hiver. Le tableau 1 (Pollen, 1981), montre les concentrations maximale et minimale en MTD pour les deux bassins d'alimentation en eau brute.

TABLEAU 1 ANALYSE PAR GRAVIMÉTRIE DES DONNÉES SUR LA CONCENTRATION DE MATIÈRES TOTALES DISSOUTES DANS L'ÉTANG ISATKOAK

Point d'échantillonnage	Date	Matières totales dissoutes (mg/l)
Bassin d'amont (Upper Lagoon)	21 août 1980	750
	5 octobre 1980	800
	8 avril 1981	1220
	11 février 1982	1000
	16 mars 1982	1080
	24 mars 1982	1100
Bassin central (Middle Lagoon)	Été (minimum)	1100
	Hiver (maximum)	4200

Un lac d'eau douce situé à quelques kilomètres au sud de la localité était autrefois utilisé comme source d'eau brute, livrée directement aux résidents, sans traitement préalable. Le lac servait également de source d'approvisionnement en glace; celle-ci était recueillie et livrée à la collectivité pour consommation directe. À cause de la contamination de l'eau, l'Alaska Department of Environmental Conservation a interdit d'utiliser le lac comme source d'approvisionnement en eau de l'agglomération. Cette décision a été prise à la suite d'une épidémie de Shigella dysenterial chez les résidents qui consommaient l'eau du lac.

Le Naval Arctic Research Laboratory (NARL), situé à environ 6,5 kilomètres au nord de Barrow, capte l'eau du lac Imikpuk et la transforme en eau potable par distillation pour le laboratoire et la station de la ligne DEW à Pow-Main. Les installations reliées au laboratoire sont desservies par un réseau d'utilidors permanents, tandis que Pow-Main est approvisionnée par véhicule depuis l'usine de distillation.

La BUECI dessert le reste de la collectivité, soit quelque 3300 habitants. Deux entreprises indépendantes livrent l'eau par camion aux habitations et commerces de la localité. Seul l'hôpital du PHS et l'école sont directement reliés par un système d'aqueduc à l'usine de traitement de la BUECI, installée sur les lieux mêmes.

L'utilisation d'autres sources d'approvisionnement, comme la glace et l'eau de lac non traitée, a diminué de façon constante depuis que les quantités et la qualité de l'eau traitée par la BUECI se sont accrues. L'effectif du NARL est maintenu au minimum, en attendant la décision finale du gouvernement fédéral au sujet de la fermeture des installations. L'avenir de l'usine de traitement du NARL est par conséquent incertain.

L'expansion de l'usine de la BUECI, de la capacité actuelle de 136 000 l/d à 772 000 l/d est amorcée. North Slope Borough construit actuellement un réseau d'utilidors souterrains qui assurera les services d'eau et d'égout de toute l'agglomération; l'eau proviendra de l'usine de la BUECI.

Le coût actuel de l'eau livrée varie de 2,6 à 4,0 cents (US) le litre (10 à 15 cents le gallon américain). Le coût futur n'a pas encore été évalué mais il dépendra du coût du traitement de l'eau et des frais d'exploitation et d'entretien de l'utilidor. Il aura certainement un effet déterminant sur l'ampleur des pratiques de conservation de l'eau par les usagers, comme c'est le cas actuellement.

TAUX DE CONSOMMATION D'EAU

Les auteurs ont effectué en 1981 une étude du taux de consommation d'eau par les résidents de Barrow, pour le compte de la BUECI. Trois niveaux de consommation d'eau ont été constatés:

Habitations alimentées par camion	34 l/pers./d
Y compris les résidents de Browerville	49 l/pers./d
Hôpital et école	117-220 l/pers./d

Les très faibles taux de consommation d'eau semblent reliés au coût de l'eau, au mode de vie des résidents et à l'utilisation maximale de l'équipement de conservation d'eau, surtout dans les plus grands bâtiments de la localité. D'après le taux de consommation le plus bas susmentionné (34 l/pers./d) le coût mensuel de l'eau par résident serait d'environ $27, et de $108 pour une famille de quatre personnes.

L'intérêt évident d'économiser l'eau au prix où elle coûte va dans le sens d'une consommation minimale de l'eau qui découle de la coutume. À Barrow, comme dans la plupart des autres agglomérations de l'Arctique, l'utilisation de l'eau à l'extérieur pour le jardinage, les pelouses, le lavage des véhicules, etc., n'existe pratiquement pas. La consommation intérieure est également inférieure à la moyenne générale, ce qui peut être dû en partie au mode de vie des Inuit qui ont toujours eu beaucoup de difficulté à s'approvisionner en eau pendant l'hiver. En effet, faire fondre la neige et la glace, creuser des trous dans les lacs ou les rivières pour obtenir de l'eau, coûte cher en combustible et/ou demande un effort considérable. Tout comme le prix élevé, les dépenses en combustible et les efforts à faire encouragent les pratiques de conservation de l'eau. Par ailleurs, la faible consommation est peut-être due aussi au petit nombre de maisons qui ont l'eau courante.

En réaction au coût élevé de l'eau à Barrow, le gouvernement et les entreprises commerciales ont doté leurs bâtiments de dispositifs de conservation de l'eau. Les paragraphes suivants traitent d'un certain nombre de ces dispositifs, des questions d'E & E, des économies d'eau réalisées et du degré de succès.

SYSTÈMES UTILISANT DIFFÉRENTES QUALITÉS D'EAU

1. Séparateurs d'eau brute et potable du complexe hôpital-école: L'usine de traitement d'eau de la BUECI, située sur les lieux du complexe dessert tous les bâtiments par canalisations. L'eau brute puisée directement dans les bassins de retenue est utilisée sans traitement pour remplir les réservoirs d'eau emmagasinée en prévision de la lutte contre l'incendie, pour alimenter la chasse des cabinets et pour l'exploitation de

l'usine. Plus de 50 p. 100 de l'eau utilisée par le complexe n'est pas potable. De janvier 1979 à mai 1981, environ 37,6 millions de litres d'eau brute et 31,8 millions de litres d'eau potable ont été utilisés. Ces chiffres ne tiennent pas compte des réserves d'eau d'incendie. Le complexe hôpital-école est le plus important consommateur d'eau de Barrow. Ce double réseau d'approvisionnement en eau fonctionne depuis de nombreuses années nécessitant seulement l'entretien normal de la plomberie.

2. Usine de recyclage des eaux ménagères Redux, pour l'annexe de Browerville: L'annexe de Browerville est un complexe domiciliaire de 500 personnes appartenant au Borough North Slope, qui en assure aussi l'exploitation. Les habitations sont desservies par utilidor. On compte quatre qualités d'eau:

   a) Eau potable: achetée aux compagnies locales qui la transportent par camion depuis la BUECI. Cette eau est amenée aux éviers et aux douches par un système de plomberie.
   b) Eaux ménagères: eau potable usée et eau de lavage.
   c) Eau propre: effluent de l'usine de recyclage Redux produit à partir des eaux ménagères. L'eau propre est recyclée pour alimenter les réservoirs des toilettes et les installations de lavage.
   d) Eaux-vannes: eaux usées des cabinets et boues chimiques résultant du traitement de l'eau.

   L'usine de recyclage Redux traite les eaux ménagères par flottation sous pression, filtration et désinfection, et produit de l'eau propre par cuvée au rythme de 204 l/min. Le recyclage de la chaleur des installations de lavage constitue une autre économie. Du mois d'octobre 1980 au mois de juin 1981, l'usine de recyclage a fourni 56 p. 100 de l'eau utilisée dans le complexe domiciliaire.
   Les problèmes d'entretien de ce système relativement récent comprenaient des défaillances de l'utilidor à cause du gel, la corrosion de la tuyauterie et le mauvais fonctionnement de l'usine de recyclage en raison de la complexité du procédé de traitement. Il a également été difficile d'éviter les jonctions fautives à l'intérieur du réseau complexe de canalisations. Malgré cela, l'usine produit une quantité substantielle d'eau acceptable pendant de longues périodes, lorsque l'usine fonctionne correctement. L'exploitation efficace d'une usine de ce genre repose sur un personnel qualifié.

3. Usine de recyclage Met Pro des eaux ménagères de l'hôtel Top of the World: Elle a cessé d'être exploitée il y a plusieurs années, après avoir produit pendant longtemps de l'eau de qualité médiocre pour la chasse des cabinets. L'installation de traitement physique/chimique produisait en moyenne 8700 l/d d'eau à partir des eaux usées provenant des 40 chambres de l'hôtel.

SYSTÈMES NE CONSOMMANT PAS D'EAU

1. Système de chasse à l'huile minérale Aqua Sans: Un des premiers systèmes de chasse à l'huile minérale à Barrow a été installé dans le bâtiment de l'Arctic Slope Regional Corporation. Une huile minérale claire et légère est utilisée comme fluide de chasse à la place de l'eau. L'huile est traitée par séparation gravitaire et filtration avant d'être réacheminée vers les cabinets. On ne connaît pas encore la quantité exacte d'eau économisée, mais cela représente certainement la majeure partie de la demande théorique en eau potable. Jusqu'à maintenant, l'entretien du système a surtout été préventif. Un programme d'entretien hebdomadaire de l'installation de

traitement ainsi que le remplacement trimestriel des filtres ont permis d'assurer un service fiable. Les conduites en cuivre ayant posé des problèmes de corrosion, elles sont progressivement remplacées par des conduites en plastique. Le nettoyage de filtres et autres éléments remplaçables est un travail plutôt salissant. Les pièces de rechange et l'huile qu'il faut réinjecter pour remplacer celle que renferment les boues enlevées et celle qui est perdue pendant le changement des filtres, représentent une dépense considérable et les pièces sont souvent difficiles à obtenir. Le nouveau bâtiment de la sécurité publique de Borough North Slope a également été doté d'un système de chasse à l'huile minérale de conception similaire. Les problèmes de démarrage ont compris la dissolution d'une couche de goudron dans la tuyauterie d'égout, qui draînait le fluide de chasse vers l'installation de traitement. De plus, à cause de la forte altération de la couleur du fluide, il a fallu renouveler une énorme quantité d'huile et nettoyer très souvent les filtres. On a prévu l'implantation de systèmes à l'huile minérale dans plusieurs autres grands bâtiments publics, dont l'immeuble de bureaux de Borough, où le recyclage tel qu'il était pratiqué n'a pas donné de bons résultats. Ce système consistait en une série de fosses septiques en fibre de verre, munies de petites pompes à air et d'un clarificateur en acier. Cette tentative pour appliquer un procédé biologique n'a pas permis d'obtenir une eau de chasse de cabinet de qualité acceptable, mais elle constitue un autre essai pour conserver l'eau à grande échelle. En général, les systèmes de chasse à l'huile minérale peuvent être efficaces et esthétiquement acceptables, pourvu qu'ils soient soumis à un programme raisonnable d'entretien préventif.

2. Cabinets à compost: Des cabinets à compost faits en plastique sont utilisés dans de nombreuses installations individuelles de l'agglomération. Un préposé effectue un nettoyage occasionnel des toilettes qui consiste à ajouter de la terre à la cuve de compost. Ces toilettes comprennent de petits ventilateurs d'aération qui fonctionnent à l'électricité. Elles peuvent donner des résultats satisfaisants si elles ne sont pas surchargées ou mal entretenues.
3. Cabinets incinérateurs: Les modèles au gaz et à l'électricité ne requièrent pas trop d'entretien. Ils sont fréquemment utilisés dans les camps et les sites de construction temporaires.

ÉQUIPEMENT À CONSOMMATION D'EAU MINIMALE

1. Cabinet à air comprimé: Le cabinet Microphor à faible consommation d'eau (environ 2 l par chasse) est devenu très populaire à Barrow. Il a été installé dans les 134 logements du complexe de Browerville ainsi qu'à l'hôtel Top of the World. Depuis, la consommation d'eau pour les cabinets de l'hôtel est passée de 8700 l/d à environ 500 l/d. Ce type de cabinet a cependant l'inconvénient de nécessiter de l'air comprimé, ce qui coûte cher pour des installations individuelles. Les grands bâtiments peuvent par contre être plus facilement dotés de cet équipement, car ils ont généralement une salle centrale de machines dans laquelle un compresseur d'air peut être installé.
2. Cabinet à dépression: Le terminal de la Wien Air Alaska est muni d'un système de chasse à dépression dans les cabinets. On ne connaît pas la quantité d'eau économisée grâce à ce système, mais elle équivaut probablement à une grande partie de la consommation totale en eau du bâtiment.

AVENIR DE LA CONSERVATION DE L'EAU À BARROW

Le coût élevé de l'eau à Barrow a entraîné l'implantation d'un certain nombre de systèmes permettant d'économiser l'eau dans les grands bâtiments et les immeubles à logements multiples et, sur le plan individuel, l'application de méthodes de conservation de l'eau. Même dans les bâtiments entièrement reliés à tous les principaux services d'eau, comme le complexe Browerville, la consommation par personne est demeurée faible. Les taux les plus élevés par personne ont été enregistrés dans le complexe hôpital-école où le coût de l'eau est soit inclus dans le loyer mensuel soit gratuit pour l'usager. De plus, si on le compare aux établissements similaires des agglomérations de la même taille, ce complexe a été le premier à être doté d'un réseau complet de canalisations.

L'aménagement à l'échelle de l'agglomération d'utilidors comprenant un réseau complet de canalisations d'eau et d'égouts influencera vraisemblablement beaucoup le taux de consommation d'eau à Barrow. L'augmentation réelle de la consommation dépendra problablement du prix que devra payer le consommateur. Par exemple, si l'eau est distribuée gratuitement, la demande pourrait augmenter rapidement et atteindre les niveaux de consommation de 110 à 230 l/pers./d qui ont récemment été enregistrés à l'hôpital et à l'école.

Si le coût de l'eau ne varie pas, la demande par personne peut très bien suivre la tendance qui s'est dessinée jusqu'à maintenant dans l'annexe de Browerville, et se stabiliser aux environs de 50 l/pers./d. Il est possible que ce chiffre soit légèrement dépassé à mesure que les usagers s'habitueront à bénéficier de services complets. D'autres facteurs peuvent influer sur les pratiques de conservation, mais aucun n'aura autant d'importance que le prix de l'eau.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Caress, J. (1981), Communication personnelle, Barrow Utilities and Electric Coop., Inc., Barrow, Alaska.

North Slope Borough, Inc. (1981), "Annual Overall Economic Development Program Report", Barrow, Alaska, 25 pages.

Pollen, M.R. (1981), "Development of Projected Community Potable Water Use for Barrow Utilities and Electric Co-op., Inc., Water Treatment Plant Expansion", Northern Testing Laboratories, Inc., Fairbanks, Alaska.

ÉVALUATION DE LA BAISSE DE CONSOMMATION D'EAU ET DES ÉCONOMIES RÉALISABLES GRÂCE À L'INSTALLATION DE COMPTEURS D'EAU À INUVIK (T.N.-O.)

Norman C. Gridley
Associated Engineering Services Ltd.
Edmonton (Alberta)

SOMMAIRE

Une étude du taux de consommation d'eau a été entreprise dans la localité d'Inuvik (T.N.-O.). La consommation d'eau mesurée est comparée à la moyenne nord-américaine. Le coût de l'eau fournie aux consommateurs d'Inuvik est évalué et le rapport coût-efficacité de la réduction de la consommation grâce à l'installation de compteurs et autres dispositifs est déterminé.

En 1978, la consommation d'eau à Inuvik était d'environ 652 l/pers./d, soit environ 2 fois et demie supérieure à celle des agglomérations similaires de l'Amérique du Nord.

Les avantages d'une diminution de la consommation d'eau à Inuvik sont calculés en fonction des coûts annuels d'exploitation du réseau d'approvisionnement en eau et de la valeur des investissements différés.

On estime que l'installation de compteurs d'eau chez tous les usagers et la modification simultanée des pratiques de facturation pourraient réduire considérablement la consommation d'eau. Des analyses économiques révèlent qu'un ratio avantages-coûts supérieur à 1,0 pourrait être obtenu si la consommation d'eau était réduite de seulement 16 p. 100. Une réduction de 73 p. 100, qui correspondrait à la consommation estimée normale de 273 l/pers./d, se traduirait par un ratio de plus de 3.

L'étude se termine par une évaluation économique d'autres méthodes de réduction de la consommation d'eau, qui pourraient être efficaces à Inuvik.

INTRODUCTION

Généralités. Inuvik, qui compte environ 3000 habitants, est la deuxième plus grande agglomération des Territoires du Nord-Ouest. Sise à l'est du delta du Mackenzie, l'agglomération se trouve dans une zone de pergélisol continue, ce qui signifie que les conditions du sol sont généralement peu propices aux installations souterraines. La collectivité utilise deux sources d'approvisionnement en eau: le chenal est du Mackenzie en hiver, et un lac situé à l'est de l'agglomération en été. La filtration et la désinfection de l'eau brute sont assurées par deux installations de traitement. L'eau est ensuite distribuée par un réseau d'utilidors de surface.

Contexte de l'étude. Au milieu de l'année 1977, le département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, qui administre le Programme eau et hygiène, a exprimé des inquiétudes concernant le taux excessif de consommation d'eau à Inuvik. Le département était préoccupé par la consommation excessive d'énergie et la fréquence de remplacement des pièces du réseau. Donc, en août 1977, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest a autorisé l'Associated Engineering Services Limited (AESL) à entreprendre une étude en vue de repérer les secteurs d'Inuvik où la consommation d'eau

est élevée, d'en déterminer les causes et de rechercher des méthodes permettant d'économiser l'eau. Les résultats de l'étude de l'AESL sont résumés dans le présent document.

Méthodologie. Une comparaison a été effectuée entre les taux de consommation mesurés à Inuvik en 1978 et 1979 d'une part, et les habitudes de consommation de même que les quantités d'eau utilisées dans plusieurs agglomérations de l'Alberta, d'autre part. En prenant pour hypothèse que l'installation de compteurs chez tous les usagers d'Inuvik entraînerait une réduction importante de la consommation d'eau, les avantages et les coûts qui en découleraient ont été évalués en détail. D'autres méthodes visant à réduire efficacement la consommation d'eau sont également prises en considération.

CONSOMMATION D'EAU EN AMÉRIQUE DU NORD

Un bref résumé des habitudes de consommation d'eau dans les agglomérations nord-américaines et des taux de consommation par personne dans plusieurs collectivités de l'Alberta ont servi de base à l'évaluation de la consommation d'eau à Inuvik.

Taux de consommation et facteurs qui influent sur la consommation d'eau en Amérique du Nord. Dans une agglomération nord-américaine type, la demande en eau vient des secteurs résidentiel, commercial, industriel et public. Le tableau 1 donne un résumé de la consommation moyenne par secteur.

Les facteurs qui peuvent avoir une incidence sur la consommation générale d'eau dans une collectivité comprennent: les conditions climatiques régionales, la qualité de l'eau fournie, l'ampleur du réseau d'égouts, la présence de réseaux privés d'alimentation en eau, la pression dans les canalisations, la nature des activités commerciales et industrielles, le nombre de compteurs installés, le prix de l'eau pour les usagers et le niveau de vie général (Fair, Geyer et Okun, 1968). L'importance de ces facteurs pour Inuvik (T.N.-O.) sera traitée ultérieurement.

TABLEAU 1 CONSOMMATION D'EAU PAR SECTEUR DANS UNE AGGLOMÉRATION NORD-AMÉRICAINE TYPE

Secteur	Plage (l/pers./d)
Résidentiel	55 - 265
Commercial et industriel	35 - 375
Public	18 - 77
Consommation indéterminée	36 - 150
Total	144 - 867

Source: Fair, Geyer et Okun (1968).

Consommation d'eau en Alberta. Une étude récente de la faisabilité des services publics régionaux pour la région d'Edmonton en Alberta (AESL, 1978a), a été l'occasion de compiler les taux de consommation d'eau dans de nombreuses collectivités du centre de l'Alberta. Le tableau 2 résume la consommation d'eau pour onze agglomérations dont la population varie de 1000 à 10 000 habitants.

La consommation moyenne pondérée en fonction de la population des localités étudiées est de 283 l/pers./d. La demande en eau provient essentiellement des secteurs résidentiel, commercial et public, ce qui fait que la consommation totale tend à se situer près des valeurs minimales des plages indiquées au tableau 1.

CONSOMMATION D'EAU À INUVIK

Les données relatives à la consommation d'eau à Inuvik permettent d'analyser les taux de consommation générale par district et par secteur. Ces taux sont ensuite comparés aux valeurs prévues.

Sources d'approvisionnement, traitement et distribution de l'eau. La collectivité s'approvisionne à deux sources distinctes. En hiver, l'eau est puisée dans le chenal est du Mackenzie à proximité de la ville, à l'aide d'une pompe transportable et d'une canalisation. En été, l'eau est captée dans le lac Hidden, à environ 2 km à l'est de la ville; le lac qui sert de réservoir est réalimenté par canalisation depuis le lac B situé 3 km plus loin vers l'est. Pendant les périodes annuelles d'engel et de débâcle, les réserves du lac Hidden suffisent pour répondre à la demande en eau de la ville. L'eau brute provenant du chenal est filtrée et désinfectée dans une usine de traitement; l'eau brute provenant du lac Hidden est désinfectée et une partie est filtrée (dans une petite station de traitement). L'eau traitée est distribuée par un réseau d'utilidors de surface.

Les branchements particuliers sont en général effectués au moyen de petits utilidors appelés utilidettes. Sur un total de 13 615 m d'utilidors, environ 8140 m sont chauffés grâce à la chaleur résiduelle émise par les conduites d'eau chaude. Les conduites maîtresses situées dans les sections non chauffées sont maintenues au-dessus du point de congélation par circulation forcée et à certains endroits, par des dispositifs de chauffage.

Facteurs qui influent sur la consommation. Les facteurs qui influent normalement sur la consommation globale de la collectivité ont été énumérés précédemment (Fair, Geyer et Okun, 1968). Dans les paragraphes suivants, on cherche à évaluer la pertinence de ces facteurs sur la consommation d'eau à Inuvik.

Le climat régional et les conditions du sous-sol ont, à l'origine, fait opter pour des utilidors de surface, afin de faciliter l'entretien. Les pertes d'eau dues aux fuites sont minimales puisque les ruptures importantes sont détectées facilement et réparées aussitôt. Toutefois, le gaspillage dû à l'écoulement continu et délibéré de l'eau dans les canalisations d'égout, pour empêcher qu'elles ne gèlent par temps froid, peut être important.

La qualité de l'eau fournie aux consommateurs varie selon la saison. L'eau est assez colorée à certaines périodes de l'année, ce qui peut entraîner une faible réduction de la consommation domestique. Le surchauffage de l'eau dans les utilidors peut provoquer des températures d'eau excessives dans certaines zones, et cela peut faire augmenter le taux de consommation.

La plupart des bâtiments sont raccordés à un réseau d'égouts. Ainsi, il n'y a généralement pas de limites à la production d'eaux usées.

TABLEAU 2 CONSOMMATION D'EAU DANS LES AGGLOMÉRATIONS DU CENTRE DE L'ALBERTA DONT LA POPULATION SE SITUE ENTRE 1000 ET 10 000 HABITANTS*

Agglomération	Population en 1976	Consommation moyenne (l/pers./d)
Devon	2764	255
Fort Saskatchewan	8217	295
Gibbons	1070	227
Leduc	8498	245
Morinville	2059	220
Redwater**	1483	568
Spruce Grove	6827	218
Stony Plain	2708	309
Tofield	1101	318
Vegreville	4101	264
Westlock	3685	418
Moyenne pondérée en fonction de la population		283
Moyenne pondérée en fonction de la population, moins Redwater		273

* Source: AESL, 1978a.
** L'industrie pétrochimique a une incidence sur la consommation d'eau à Redwater.

Inuvik n'a pas de réseau privé d'alimentation. Par conséquent, toute l'eau est fournie par le réseau municipal. La pression dans le système de distribution est généralement adéquate et les fuites causées par une pression excessive sont minimales.

Les secteurs commercial et industriel ne sont pas de grands consommateurs d'eau.

L'eau consommée par les habitants d'Inuvik est facturée sur la base d'un tarif fixe. Les commerces et les établissements qui sont munis d'un compteur doivent payer pour la quantité d'eau consommée. On croit que la forte consommation est due au coût relativement faible de l'eau à Inuvik.

En résumé, on voit que certains facteurs tendraient à réduire les pertes et les gaspillages d'eau; d'autres, par contre, influent sur l'accroissement de la consommation. Nous verrons qu'à Inuvik, la consommation d'eau est apparemment beaucoup plus élevée qu'elle ne devrait normalement l'être dans une agglomération de cette importance.

Précisions relatives à la consommation d'eau. Tous les consommateurs d'eau potable sont actuellement facturés d'après un tarif fixe. Les prévisions sont fondées sur l'installation systématique de compteurs et sur une facturation en conséquence. D'après le compte rendu détaillé de la documentation sur le sujet par Cameron et Armstrong (1979), et en tenant compte des facteurs qui influent sur la consommation d'eau à Inuvik, la consommation domestique devrait se situer entre 150 et 170 l/pers./d. Christensen et Reid

(1977) ont établi des rapports entre la demande du secteur résidentiel et des secteurs non résidentiels pour des agglomérations de diverses tailles des Territoires du Nord-Ouest; pour Inuvik, ce rapport est de 1,7, ce qui donne une consommation globale prévue de 255 à 289 l/pers./d. Le tableau 2 indique que ces chiffres correspondent étroitement aux taux de consommation individuelle enregistrés dans plusieurs agglomérations du centre de l'Alberta, dont la population est semblable à celle d'Inuvik.

Consommation d'eau à Inuvik de 1967 à 1978. La figure 1 montre la consommation globale d'eau à Inuvik de 1967 à 1978. Les données ont été compilées d'après les registres de la ville. En prenant pour hypothèse que la population de passage est d'environ 600 personnes, le tableau 3 donne les niveaux approximatifs de la consommation individuelle, de 1976 à 1978.

TABLEAU 3 CONSOMMATION D'EAU PAR PERSONNE À INUVIK, 1976-1978

Année	Population*	Consommation individuelle (l/pers./d)
1976	3100 - 3700	594 - 710
1977	2900 - 3500	597 - 721
1978	2900 - 3500	597 - 721

* Données démographiques du gouvernement des T.N.-O. (1978). La population de passage est évaluée à environ 600 personnes.

Variations horaires de la consommation. Un compteur d'eau installé au lac Hidden en 1978 fournit des données permettant de connaître les variations horaires de la consommation d'eau. La figure 2 fournit les résultats pour la période du 28 au 30 juin 1978. Le graphique indique un débit matinal élevé; au cours des premières heures du matin, la consommation d'eau mesurée de 54,5 m^3/h représente environ 64 p. 100 de la consommation quotidienne, laquelle est en moyenne de 85,2 m^3/h. Le débit de pointe de 103 m^3/h n'est que de 1,2 fois supérieur au débit moyen.

Débit d'eaux usées en fonction de l'emplacement. En février 1979, un programme de mesure du débit d'eaux usées a été entrepris en 12 emplacements déterminés de l'agglomération. Les résultats ont été publiés dans le rapport principal (AESL, 1981). La contribution moyenne de ces 12 zones était de 104 m^3/h pendant une période de deux jours. Pendant la nuit, les débits étaient relativement élevés dans toutes les zones. Un fort débit de base est commun dans l'ensemble de la localité et n'est pas associé à un lieu en particulier ni à une classe ou un type précis d'habitations.

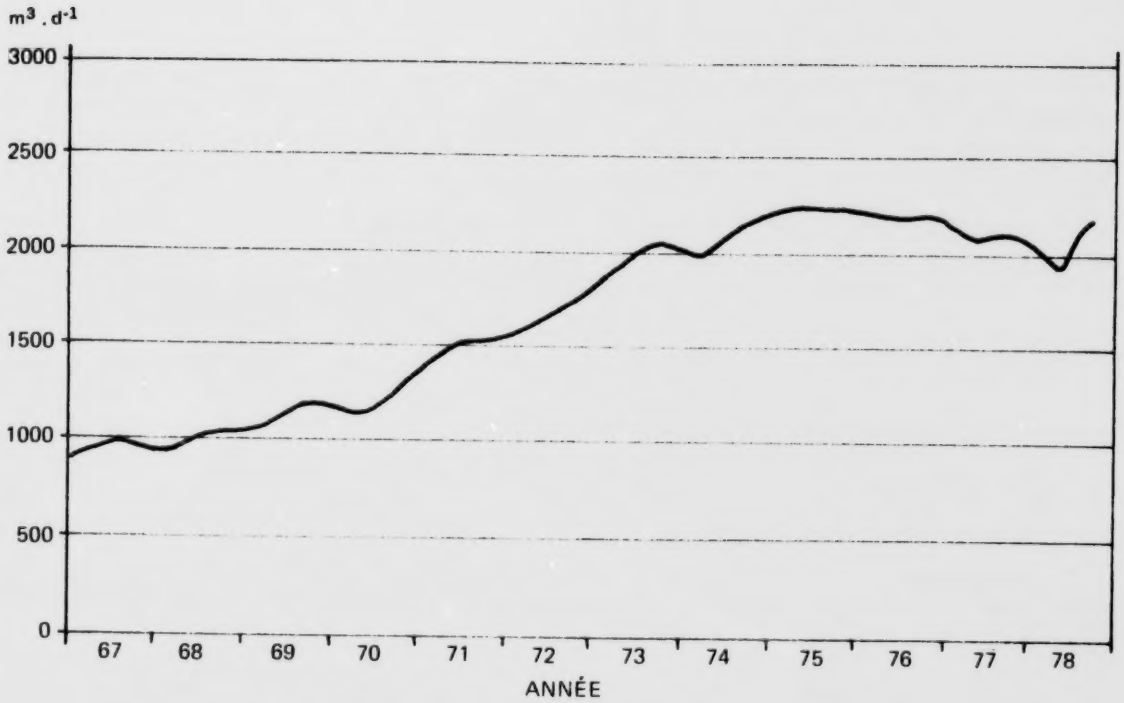


FIGURE 1 CONSOMMATION D'EAU À INUVIK, 1967-1978

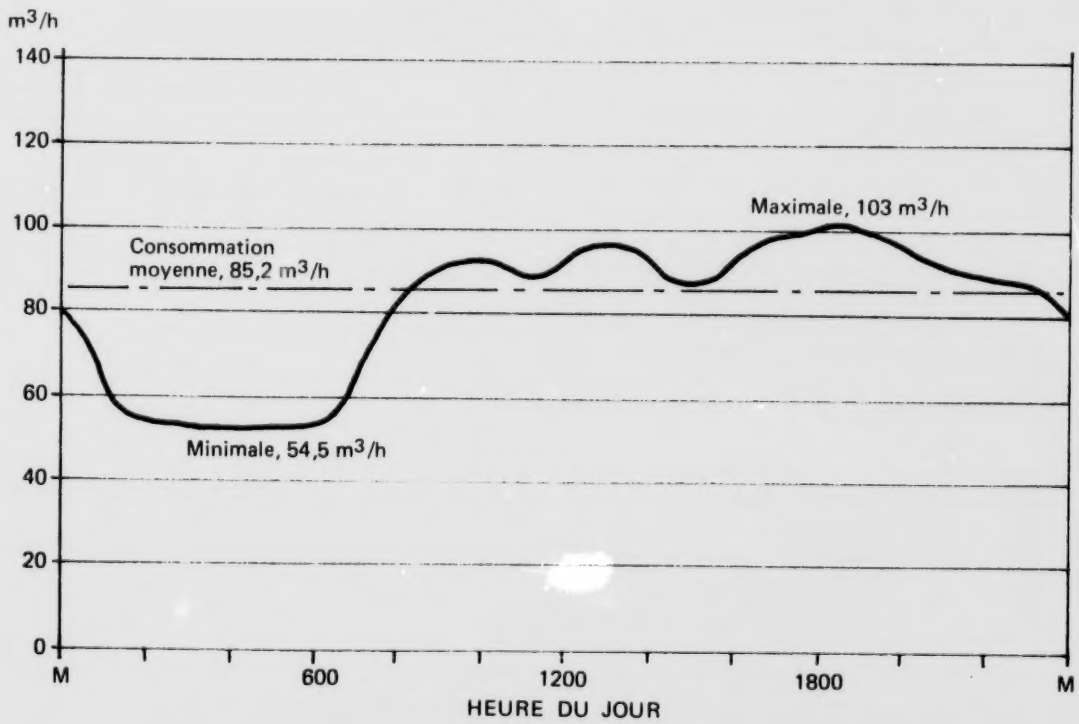


FIGURE 2 CONSOMMATION D'EAU QUOTIDIENNE À INUVIK, JUIN 1978

Consommation d'eau par secteur (résidentiel, non résidentiel, etc.). Au cours de l'année 1978, des relevés de compteurs d'eau et des estimations ont été utilisés pour faire une ventilation de la consommation d'eau par secteur à Inuvik. Les sources de renseignement sont indiquées ci-dessous.

Maisons unifamiliales. Avant cette étude, aucune habitation unifamiliale d'Inuvik n'était munie d'un compteur d'eau. L'installation de compteurs dans neuf maisons a permis de rassembler des données sur une période de huit mois. Les données additionnelles sont fournies par les exploitants du réseau.

Commerces, établissements et immeubles d'appartements. La plupart des commerces, établissements et immeubles d'appartements sont équipés de compteurs. Les données sont fournies par les exploitants du réseau.

Bâtiments industriels et publics. L'eau utilisée dans ces bâtiments représente une faible portion de la consommation globale; elle est évaluée à partir des informations fournies par les exploitants du réseau municipal.

Eau livrée par camion. Un nombre réduit de résidents sont approvisionnés en eau par camion; des relevés sont disponibles.

Le tableau 4 résume la consommation d'eau par secteur pour l'année 1978. Une consommation totale de 2087 m^3/d représente un taux de consommation par personne de 625 l/pers./d. On estime que 60 p. 100 provient de la demande du secteur résidentiel.

Comparaison entre les taux de consommation actuelle et prévue. Une comparaison entre les données qui apparaissent au tableau 4 et les valeurs normales indiquées au tableau 1 montre que la consommation des commerces, industries, institutions et établissements publics se situe dans les plages établies par Fair, Geyer et Okun (1968). Les pertes sont plus faibles que la normale, comme on pouvait s'y attendre avec un réseau aménagé au-dessus du sol. La demande du secteur résidentiel se situe au-delà des valeurs maximales de la plage établie par Fair, Geyer et Okun.

La figure 3 compare la consommation d'eau actuelle à la consommation prévue de 270 l/pers./d suggérée précédemment. L'écart le plus important se situe dans le secteur résidentiel, où la consommation mesurée dépasse la valeur prévue de 231 l/pers./d. La consommation mesurée pour tous les autres secteurs combinés dépasse la valeur prévue de 151 l/pers./d.

En résumé, la consommation d'eau mesurée à Inuvik semble excessive par rapport aux plages normales signalées pour les agglomérations nord-américaines et aux plages de consommation des localités albertaines de même importance. Les paragraphes suivants traitent des avantages économiques qui peuvent découler d'une réduction de la consommation d'eau à Inuvik.

AVANTAGES ET COÛT D'UNE RÉGULARISATION DE LA CONSOMMATION D'EAU

Tel que mentionné précédemment, à Inuvik, tous les consommateurs d'eau sont facturés selon un tarif fixe, quelle que soit la consommation réelle. On estime que l'installation systématique de compteurs accompagnée d'une modification des pratiques de

facturation pourrait réduire considérablement la demande en eau. Les analyses économiques portant sur les relevés de consommation tiennent compte de trois résultats possibles, 550, 450 ou 273 l/pers./d, la consommation actuelle étant de 652 l/pers./d.

TABLEAU 4 CONSOMMATION D'EAU À INUVIK PAR SECTEUR, 1978

Secteur	Méthodes d'évaluation	Consommation quotidienne (m^3/d)	Consommation individuelle* (l/pers./d)	Pourcentage du total
Résidentiel (appartements)	Relevés de compteurs	72	391	60 %
Résidentiel (maisons unifamiliales)	Quelques relevés de compteurs; estimations pour le reste	1180		
Commercial	Relevés de compteurs et estimations de l'AESL	197	61,6	9,4 %
Établissements publics	Relevés de compteurs	273	85,3	13,1 %
Industriel	Exploitants du réseau et estimations de l'AESL	138	43,1	6,6 %
Services publics	Estimations de l'AESL	138	43,1	6,6 %
Eau livrée par camion	Relevés de compteurs	21	6,6	1,0 %
Consommation indéterminée	Estimations de l'AESL	68	21,3	3,3 %
Total		2087**	652	100 %

* La consommation par personne est basée sur une population de 3200 habitants.
** Les données de la consommation d'eau totale proviennent des relevés de compteur.

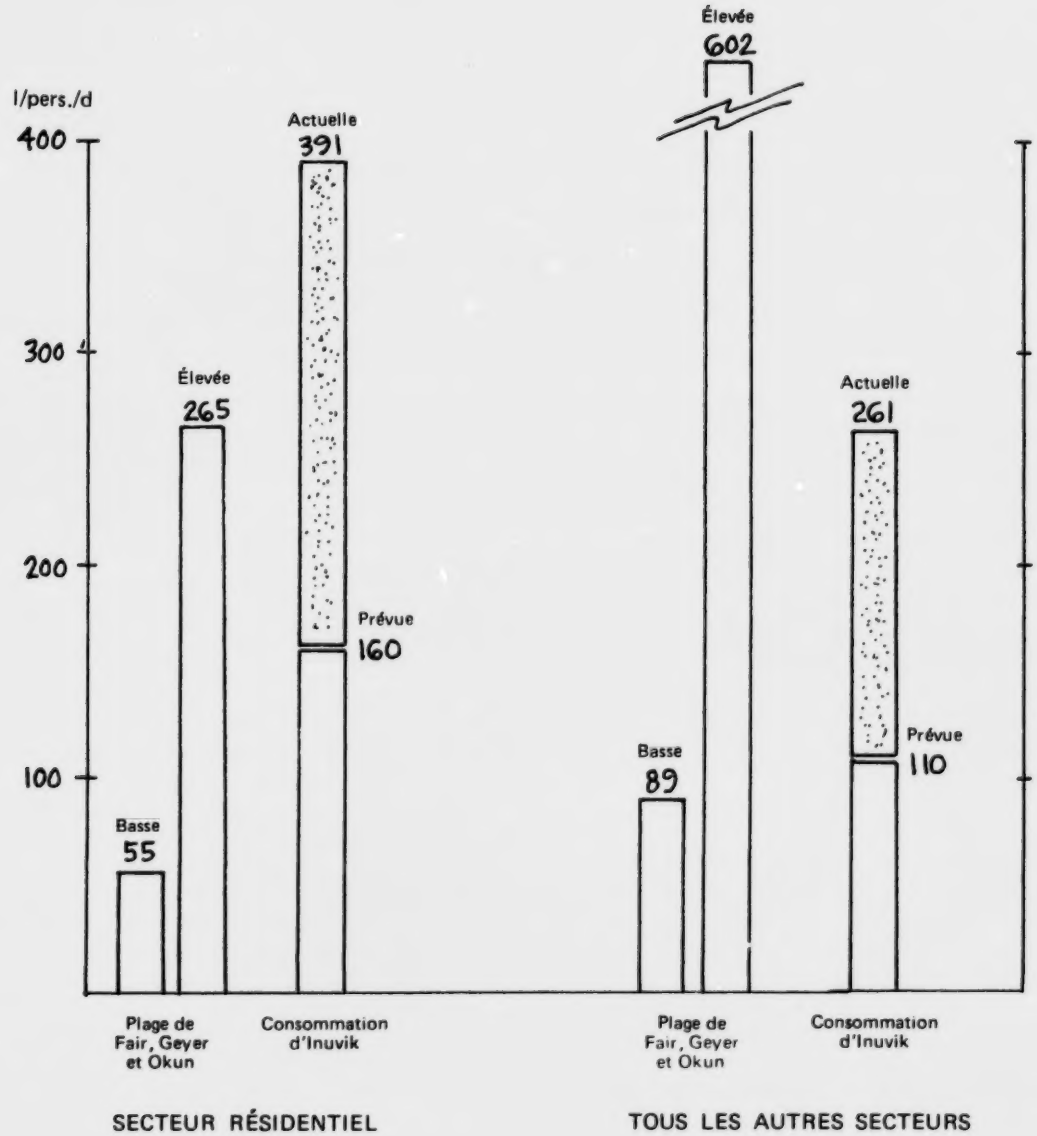


FIGURE 3 COMPARAISON ENTRE LES TAUX DE CONSOMMATION ACTUELLE ET PRÉVUE

Avantages économiques associés à une consommation d'eau réduite. En ce qui a trait au réseau d'approvisionnement, de traitement et de distribution de l'eau à Inuvik, une baisse de la consommation aurait des avantages économiques calculables découlant: 1) du report de la construction et de l'exploitation d'une prise d'eau permanente dans la rivière et d'un clarificateur à la station de traitement, qui seront nécessaires si la consommation moyenne dépasse 2730 m^3/d* et 2) d'une réduction des frais d'E & E du service des eaux.

D'autres économies moins facilement calculables comprennent: 1) une réduction des coûts d'amortissement du capital si les éléments du réseau avaient été conçus en fonction de taux plus faibles de consommation individuelle et 2) des coûts réduits d'amélioration et de remplacement du réseau d'utilidors.

Le tableau 5 résume les bénéfices calculés. De plus amples détails sont fournis dans le rapport principal de L'AESL (1981).

Estimation du coût de l'instauration d'un système de compteurs d'eau à Inuvik. Un programme de relevé systématique à Inuvik nécessiterait l'installation de compteurs dans tous les logements et dans tous les commerces, les industries et les établissements publics qui n'en possèdent pas actuellement. Le tableau 6 résume les coûts prévus.

TABLEAU 5 AVANTAGES ÉCONOMIQUES D'UNE BAISSE DE LA CONSOMMATION D'EAU

Taux de consommation individuelle (l/pers./d)	Valeur actualisée (dollars 1980) d'une baisse de la consommation[1]		
	Économie réalisée sur les coûts en capital et les coûts d'exploitation différés[2]	Réduction des frais d'E & E[3]	Total
652	Aucune économie (consommation actuelle)		
550	$ 589 570	$ 48 600	$ 638 170
450	$ 1 048 100	$ 115 850	$ 1 163 950
273	$ 1 478 850	$ 252 450	$ 1 731 300

1 Taux d'actualisation de 10 p. 100.

2 Économies résultant du report de la construction d'une prise d'eau dans la rivière et de l'installation d'un clarificateur.

3 Économies résultant de l'utilisation réduite de produits chimiques pour le traitement de l'eau et des coûts réduits du chauffage de l'eau.

* Une consommation supérieure à cette valeur dépasserait la capacité de stockage d'eau brute du lac Hidden, qui sert présentement de source d'approvisionnement en eau lors des périodes annuelles d'engel et de dégel (AESL, 1978b).

TABLEAU 6 ESTIMATION DU COÛT DE L'INSTAURATION D'UN SYSTÈME DE COMPTEURS D'EAU À INUVIK

Capital	Coûts (dollars 1980)
Installation de compteurs dans les habitations (630)	$ 138 600
Installation de compteurs ailleurs (25)	10 500
Ingénierie, supervision et inspection	14 900
Organisation du programme de modification des tarifs et du système de facturation*	50 000
Capital total	$ 214 000
Exploitation et entretien	
Relevés et entretien des compteurs	$ 39 300/année
Coûts additionnels pour le programme de facturation**	$ 10 000/année
Coût total	$ 49 300/année

* Le montant représente les coûts d'adoption et de mise en application d'une méthode modifiée de facturation.

** On prévoit que la méthode modifiée de facturation entraînera d'autres frais administratifs permanents.

Sur une période de dix ans et à un taux d'actualisation effectif de 10 p. 100, il en coûterait présentement $516 900 (en dollars 1980), pour installer partout des compteurs d'eau.

Rentabilité des relevés de compteur. Le tableau 7 résume les ratios avantages-coûts approximatifs dans le cas où un programme de relevés systématiques ramènerait la consommation d'eau des valeurs actuelles à 550, 450 ou 273 l/pers./d.

D'après ces analyses, il semble qu'un programme de relevés systématiques accompagné d'une méthode modifiée de tarification et de facturation serait rentable à Inuvik, si la consommation d'eau baissait jusqu'à 550, 450 ou 273 l/pers./d.

TABLEAU 7 RATIOS AVANTAGES-COÛTS POUR LES RELEVÉS DE COMPTEUR

Consommation individuelle* (l/pers./d)	Valeur actualisée (dollars 1980)		
	Bénéfices**	Coûts	Ratios A/C
550	$ 1 638 000	$ 516 900	1,23
450	$ 1 163 900	$ 516 900	2,25
273	$ 1 731 300	$ 516 900	3,35

* Taux d'utilisation actuelle de 652 l/pers./d.
** Bénéfices tels qu'établis au tableau 5.

AUTRES MÉTHODES DE CONSERVATION DE L'EAU

L'installation de compteurs et la modification des tarifs devraient permettre de réduire efficacement la consommation d'eau à Inuvik. Les autres méthodes ayant fait l'objet d'une évaluation dans cette étude comprennent: 1) l'abaissement des températures excessives de l'eau potable, 2) l'amélioration des utilidettes, 3) l'élimination du gaspillage d'eau dans les canalisations d'égout non chauffées (écoulement continu), et 4) l'installation de dispositifs domestiques de conservation de l'eau. On prévoit réaliser des économies de $4 500 au niveau de la consommation individuelle[1].

Abaissement des températures excessives de l'eau potable. Environ 60 p. 100 des 13 615 m d'utilidors sont chauffés par des tuyaux d'eau très chaude. Pour empêcher le gel des canalisations d'eau et d'égout dans certaines sections du réseau d'utilidors, on a retiré en partie l'isolant autour des tuyaux d'eau très chaude. Cette mesure a entraîné une hausse de la température de l'eau potable pendant l'été et on a signalé que certains usagers laissaient couler l'eau longtemps, pour tenter d'obtenir de l'eau fraîche.

Toutefois, la quantité d'eau gaspillée de cette façon est indéterminée; par conséquent, il est impossible d'évaluer les économies qui découleraient d'une diminution de la consommation d'eau grâce au réglage de la température.

Une évaluation préliminaire du réglage de la température de l'eau indique que des économies d'énergie considérables pourraient être réalisées. Le rapport principal de l'AESL (1981) donne plus de détails sur cette question.

Amélioration des utilidettes. Les propriétaires de bâtiments desservis par des utilidettes doivent en assurer l'entretien. Un grand nombre d'utilidettes gèlent pendant l'hiver et la seule façon de résoudre ce problème est de laisser couler l'eau

[1] Ce chiffre, en dollars 1980, est basé sur le fait que la valeur actualisée d'un abaissement du taux d'utilisation de 652 l/pers./d à 273 l/pers./d est de $1 731 300 (voir tableau 5).

continuellement. Pendant l'été, les vannes des robinets et des toilettes qui ne sont pas conçues pour fonctionner continuellement peuvent avoir des fuites lorsqu'elles sont fermées, ce qui provoque un gaspillage d'eau supplémentaire.

Les coûts de réparation des utilidettes, en supposant que 250 utilidettes individuelles devraient être réparées, sont évalués à $ 50 000 (dollars 1980). En supposant que 100 usagers laissent couler l'eau pour empêcher le gel des utilidettes, et qu'un cabinet à chasse évacue 200 l/d, les pertes d'eau totales sont de 20 000 l/d ou 6,3 l/pers./d. Compte tenu de l'économie prévue de $ 4500 au niveau de la consommation individuelle, la valeur totale de l'eau économisée grâce à la réparation des utilidettes serait de $28 350 (dollars 1980). Par conséquent, il semble que la réparation des utilidettes ne constitue pas un moyen rentable de réduire la consommation d'eau.

Élimination du gaspillage d'eau dans des égouts non chauffés. Dans les secteurs du réseau où le débit est faible et l'isolation des conduites d'égout inadéquate, le gel des égouts est évité par la pratique de l'écoulement continu. Les exploitants du réseau estiment que ce gaspillage peut représenter 3 p. 100 de la consommation totale d'eau potable ou environ 20 l/pers./d.

En supposant que 1000 m de canalisations d'égout doivent être mieux isolés au coût approximatif de $1 000 000 (dollars 1980) et compte tenu de l'économie prévue de $4500 au niveau de la consommation individuelle, la valeur totale de l'eau économisée grâce à l'amélioration des égouts serait de $ 90 000. Par conséquent, il semble que l'élimination de la pratique de l'écoulement continu au profit d'une meilleure isolation des conduites d'égout non chauffées serait rentable.

Installation de dispositifs domestiques de conservation de l'eau. L'eau utilisée pour les toilettes, le lavage et les bains représente environ 78 p. 100 de la consommation d'eau domestique (Fair, Geyer et Okun, 1968). Cameron et Armstrong (1979) résument les coûts et les avantages des dispositifs conçus pour réduire la consommation. Selon ces auteurs, les dispositifs recommandés aux ménages desservis par un réseau de canalisations comprennent: 1) les toilettes à double chasse, 2) les pommes de douche à faible débit et 3) les aérateurs de robinet. L'ensemble de ces dispositifs permettrait de réaliser des économies d'eau de 28 à 38 p. 100 au niveau de la consommation résidentielle, de même que des économies d'énergie.

Le coût de l'achat et de l'installation de ces dispositifs dans tous les foyers d'Inuvik est évalué à $630 x $50 = $31 500.

En supposant une consommation domestique à Inuvik de 160 l/pers./d et une réduction de 33 p. 100 de cette consommation attribuable aux dispositifs de conservation, la valeur de l'eau économisée (à une valeur actualisée marginale de $4500 par l/pers./d) serait de $237 600. Par conséquent, il semble que l'installation de ces dispositifs de conservation d'eau à Inuvik est une méthode rentable pour abaisser la consommation globale.

CONCLUSION

D'après les relevés de compteurs et les estimations, la consommation d'eau à Inuvik en 1978 était de 652 l/pers./d, le secteur résidentiel comptant pour 60 p. 100. Le débit nocturne correspond à 64 p. 100 du débit moyen quotidien et cette demande élevée ne semble être associée à aucune zone spécifique de la localité.

Par comparaison, des taux se situant autour de 273 l/pers./d ont été enregistrés en 1976 dans plusieurs agglomérations essentiellement résidentielles de l'Alberta. En tenant compte des facteurs qui influent sur la consommation d'eau à Inuvik et en supposant que des compteurs soient installés chez tous les usagers, on prévoit que le taux de consommation sera de 255 à 289 l/pers./d.

Les bénéfices découlant d'un abaissement de la consommation d'eau à Inuvik ont été calculés en fonction des coûts en capital et des coûts d'exploitation différés ainsi que des frais annuels diminués d'E & E. Si la consommation d'eau passait de 652 à 273 l/pers./d, les économies totales seraient de $ 1 731 300 (dollars 1980).

Un programme d'installation systématique de compteurs accompagné d'une modification de la tarification et de la politique d'établissement des prix est évalué à $ 516 900. Par conséquent, on estime que l'installation de compteurs constitue une méthode rentable en vue de réduire la consommation d'eau. De plus, l'analyse des bénéfices réalisés si la consommation d'eau était ramenée à 550 ou 450 l/pers./d (plutôt qu'à 273 l/pers./d), indique que les ratios avantages-coûts sont encore supérieurs à 1.

D'autres méthodes de réduction de la consommation d'eau sont soumises à une évaluation. Compte tenu des économies réalisées grâce à une consommation réduite, l'amélioration de l'isolation des canalisations d'égout en vue d'éliminer la pratique de l'écoulement continu et l'installation de plusieurs dispositifs domestiques de conservation de l'eau sont perçues comme des méthodes rentables pour abaisser la consommation d'eau.

REMERCIEMENTS

La présente étude a été financée par le département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. L'auteur tient à remercier tout particulièrement MM. Vern Christensen, Mike Sims et R. Milburn, ingénieurs, pour l'aide qu'ils lui ont apportée lors de la rédaction de ce rapport.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Associated Engineering Services Ltd. et RPA Consultants Ltd. (1978a), "Edmonton Regional Utilities Study - Volume V, Water Supply", rédigé pour la Direction générale du génie civil du ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton, Alberta.

Associated Engineering Services Ltd. (1978b), "Water Treatment Plant - Inuvik, N.W.T.", rédigé pour le département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Associated Engineering Services Ltd. (1981), "Inuvik Water Use and Conservation Study", rédigé pour le département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Cameron, J.J. et B.C. Armstrong (1979), "Water and Energy Conservation Alternatives for the North", département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Christensen, V. et J. Reid (1977), "N.W.T. Water and Sanitation Policy and Program Review", département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Fair, Geyer et Okun (1968), "Water and Wastewater Engineering", John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A.

Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (1978), "Population Projections - Methodological Report", Division des statistiques, Yellowknife, T.N.O.

CONSERVATION DE L'EAU DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST PROGRAMME D'INFORMATION ET DE SENSIBILISATION DU PUBLIC

Brian Armstrong
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Edmonton (Alberta)

Bob Milburn
Section eau et hygiène
Département de l'Administration locale
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Yellowknife (T.N.-O.)

INTRODUCTION

Une étude approfondie de la question de la conservation de l'eau a été entreprise en 1977 par la Section eau et hygiène du département de l'Administration locale, en collaboration avec la Sous-section de la technologie nordique (Environnement Canada). Il s'agissait d'analyser l'état actuel de la question de la conservation de l'eau dans les régions nordiques, les habitudes de consommation, les expériences vécues en matière de conservation de l'eau, ainsi que les méthodes et les techniques connexes permettant de réduire la consommation d'eau et les besoins énergétiques concomitants. L'objectif final était de trouver le moyen de réduire efficacement le gaspillage d'eau potable à l'intérieur de chaque municipalité, afin d'atténuer le coût très élevé des services d'approvisionnement en eau dans les collectivités du Nord.

Le rapport rédigé à la suite de cette étude, intitulé "Water and Energy Conservation Alternatives for the North" (Cameron et Armstrong, 1979), contient un certain nombre de recommandations sur la conception et l'exploitation d'un réseau municipal d'approvisionnement en eau.

Il était important que les personnes engagées dans la conception et l'exploitation des réseaux de services publics et des bâtiments connexes soient informées des résultats de cette étude, ainsi que des avantages économiques associés à la mise en application des recommandations.

GÉNÉRALITÉS

La politique d'eau et d'hygiène actuellement appliquée dans les Territoires du Nord-Ouest a comme but premier:

> "La prestation de services d'approvisionnement en eau, d'évacuation des eaux usées et d'élimination des déchets solides dans les T.N.-O., qui permettent d'atteindre un niveau raisonnable de santé et d'hygiène publiques."

L'aménagement de services essentiels dans les Territoires du Nord-Ouest s'avère souvent une entreprise très onéreuse, compte tenu de l'isolement des collectivités et des conditions particulièrement difficiles lors de la construction et de l'exploitation des infrastructures municipales.

Les agglomérations des T.N.-O. sont généralement desservies par un réseau combiné de canalisations et/ou de transport par véhicule. Ce qu'il en coûte réellement pour atteindre un niveau élémentaire de services d'eau et d'hygiène est souvent très élevé. Ainsi, ces services sont dispensés aux résidents de Frosbisher Bay par canalisations au coût de $2,25/m^3$. Le coût de la livraison d'eau par camion et du pompage des eaux d'égout dans une grande partie de Frobisher Bay est de $13/m^3$ (Sims, 1981). Les coûts du transport par véhicule dans certaines petites localités sont généralement de l'ordre de $25/m^3$. Les services d'eau et d'hygiène sont largement subventionnés par le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, de façon à ce que le prix de l'eau reste dans des limites acceptables pour les résidents. On estime que la réduction du gaspillage d'eau potable et une utilisation plus efficace de cette eau seraient rentables, tant pour le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest que pour les usagers.

Une façon d'amener le public à comprendre la nécessité d'économiser l'eau comme à voir les avantages des mesures restrictives a consisté à élaborer un programme d'information et de sensibilisation du public.

AVANTAGES DE LA CONSERVATION DE L'EAU

L'objectif principal d'un service d'utilité publique est l'amélioration de l'hygiène publique grâce à la distribution de quantités suffisantes d'eau potable et à la collecte et l'élimination correctes des déchets et eaux usées. Cela nécessite des investissements initiaux considérables, de même que des dépenses permanentes en matière d'exploitation et d'entretien. On l'a dit, ces coûts sont généralement plus élevés dans le Nord et les subventions directes ou indirectes y sont substantielles.

Les organismes qui octroient ces subsides sont les principaux bénéficiaires d'une réduction de la consommation d'eau et de la demande d'énergie. Les mesures restrictives permettent d'abaisser la demande de pointe et la demande totale en eau, ce qui à son tour permet de réduire la capacité des systèmes d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées. Une réduction de la demande en eau peut prolonger la vie utile des infrastructures en place ou permettre aux installations actuelles de desservir un plus grand nombre de consommateurs. Les dépenses en capital engagées pour prolonger le réseau peuvent, dans certains cas, être différées et, lorsque le prolongement du réseau ou le remplacement de certaines composantes deviennent nécessaires, la réduction de la capacité requise se traduira par une diminution des coûts pour les nouvelles installations.

Les réseaux de canalisations ont des coûts unitaires dégressifs dus à l' "économie d'échelle" et aux exigences de capacité minimale, surtout pour la lutte contre l'incendie. Toutefois, il est toujours possible de réduire certaines dépenses en capital par des mesures de conservation de l'eau. Les coûts d'exploitation variables pour le pré-chauffage, le pompage, les produits chimiques et la main-d'oeuvre sont directement influencés par la demande en eau.

Le prix unitaire des systèmes de transport par véhicule est relativement constant et élevé. Toutefois, le coût total des services de livraison d'eau et de collecte des eaux usées dépend essentiellement des quantités d'eau impliquées. Les avantages économiques d'une demande réduite sont facilement calculables et sont essentiels pour que les systèmes de transport par véhicule soient pratiques et qu'ils puissent soutenir la comparaison avec les réseaux de canalisations. L'utilisation rationnelle de l'eau dans les bâtiments assure également l'existence d'une meilleure capacité de réserve dans les réservoirs de stockage, ce qui entraîne une plus grande fiabilité du service de camions.

La consommation d'eau peut avoir une incidence notable sur les installations de traitement des eaux usées qui sont essentiellement hydrauliques, comme les bassins de retenue. Le rendement et le coût d'autres méthodes de traitement et d'élimination

peuvent être améliorés grâce à une réduction du débit d'eaux usées, mais on doit pouvoir traiter les concentrations les plus élevées des eaux les moins diluées.

Les consommateurs ne pourront que tirer bénéfice d'une diminution des coûts des services publics. Lorsque des augmentations de tarif ou des changements de structure tarifaire sont imminents, une utilisation plus efficace de l'eau peut en atténuer les effets. Le consommateur tirera également profit d'une consommation réduite d'eau chaude: les factures d'énergie seront moins élevées et les chauffe-eau existants seront utilisés de manière optimale. Les usagers bénéficieront encore indirectement de la réduction des subventions accordées aux services d'utilité publique, car les fonds excédentaires pourront être consacrés à d'autres projets intéressant la collectivité.

PROGRAMME D'INFORMATION DU PUBLIC

Même si les avantages directs qui découlent de la mise en application d'un programme de conservation de l'eau semblent évidents, les résidents doivent être mis au courant de la raison d'être d'un tel programme et des avantages potentiels.

Les Territoires du Nord-Ouest couvrent une vaste superficie du Canada. Le pluralisme culturel et linguistique de ces régions peut poser un défi de taille lorsqu'il s'agit de mettre sur pied une campagne d'information efficace.

Le programme de la campagne avait été divisé en deux parties distinctes:

1. des séances d'informations appropriées aux auditoires potentiels des T.N.-O., et
2. une campagne multi-média englobant le service de la poste, la télévision, la radio et les journaux.

Afin de pouvoir utiliser efficacement le temps et les ressources disponibles, des séances d'information avaient été organisées dès la première année du programme. Deux groupes précis d'interlocuteurs avaient été repérés: le groupe des techniciens, gestionnaires et administrateurs qui s'occupent de la conception et de l'exploitation des réseaux de distribution et des bâtiments, et le grand public, le plus important consommateur d'eau dans les T.N.-O., responsable en partie du coût très élevé des services d'eau et d'hygiène. Un des principaux thèmes des séances d'information portait sur les données actuelles concernant la consommation d'eau dans les T.N.-O. et les coûts associés aux niveaux courants de consommation.

MISE EN APPLICATION DU PROGRAMME D'INFORMATION SUR LA CONCENTRATION DE L'EAU

Une des premières étapes du programme a été de solliciter l'aide des bureaux régionaux du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest et des municipalités, pour donner une dimension officielle au programme dans les Territoires du Nord-Ouest. Étant donné qu'il s'agissait d'une entreprise à long terme, l'appui et la compréhension des autorités étaient essentiels. Des programmes semblables mis en oeuvre en Californie ont permis de reconnaître l'importance de l'appui des niveaux supérieurs au moment de mettre en application des programmes de conservation de l'eau (État de Californie, 1976).

On a attaché une grande importance à la publicité faite autour des séances d'information dans les diverses collectivités. Toutes les visites dans les collectivités devaient avoir lieu pendant l'été de 1981. Une affiche avait été conçue pour expliquer de façon succincte le but du programme. Cette affiche en couleurs devait pouvoir retenir l'attention et comporter suffisamment d'espace pour qu'on y inscrive le lieu et l'heure des séances d'information (figure 1).

l'eau coûte cher

Pendant de nombreuses années, la population des Territoires du Nord-Ouest a compté sur ses cours d'eau pour se nourrir et pour voyager d'une région à l'autre. L'eau servait également à tous les usages domestiques courants. On ne manque certes pas d'eau dans les Territoires du Nord-Ouest mais le transport entre la source d'approvisionnement et les réservoirs des maisons et autres bâtiments est très onéreux.

Il existe de nombreuses façons d'abaisser la consommation d'eau sans compromettre le bien-être ou les mesures d'hygiène. C'est pourquoi nous vous invitons à participer à une séance d'information sur la conservation de l'eau.

_____

Date _____ Heure _____

Endroit _____

Administration locale du
gouvernement des
Territoires du Nord-Ouest
Section eau et hygiène

Sous-section de la
technologie nordique
Service de la protection
de l'environnement
Environnement Canada

Northwest Territories Information ©

De plus, la presse locale, informée officiellement de la tenue d'une séance d'information, avait été invitée à y participer. De la publicité avait été faite dans les journaux locaux avant la séance.

La teneur de séances d'information était annoncée au moyen d'affiches collées dans toute l'agglomération ainsi que de messages publicitaires à la radio et dans les journaux. De plus, le sous-ministre adjoint du département de l'Administration locale des T.N.-O. avait fait parvenir une lettre personnelle à chaque directeur régional, lui demandant son appui pour ce projet.

Du personnel avait été engagé dans chaque région pour faire de la publicité autour de la séance d'information et organiser les présentations.

Après avoir informé officiellement les centres régionaux de l'implantation d'un programme de conservation de l'eau, le communiqué de presse suivant a été rédigé et distribué par l'intermédiaire du département de l'information du gouvernement des T.N.-O.:

Séance d'information sur la conservation de l'eau

Yellowknife (mai 1981). L'eau dans les Territoires du Nord-Ouest est abondante, essentiellement non polluée et riche en poissons et autres organismes aquatiques.

Elle est aussi gratuite si vous allez la chercher à la rivière ou au lac. Mais lorsqu'elle est pompée dans des camions-citernes qui l'acheminent vers les réservoirs individuels, elle peut coûter jusqu'à $45 les 1000 gallons.

C'est en effet le prix que doivent payer les administrations des villes. Les consommateurs payent moins parce que ces services sont subventionnés.

À Yellowknife, par exemple, l'eau livrée par camion coûte au consommateur seulement $8 pour les premiers 1000 gallons et $6 par 1000 gallons additionnels. Dans certaines autres localités des T.N.-O., les consommateurs paient moins cher ou ne paient rien du tout.

Ce facteur économique est une des raisons pour lesquelles la Section eau et hygiène du département de l'Administration locale du gouvernement territorial et la Sous-section de la technologie nordique du Service de la protection de l'environnement ont entrepris d'encourager la conservation de l'eau.

Un document intitulé "Water & Energy Conservation Alternatives for the North" a été publié sous la direction de la Section eau et hygiène. Ce document résume l'état actuel de la question de la conservation de l'eau et constituera la base d'un programme de conservation de l'eau qui sera mis en oeuvre cet été. Des séances d'information auront lieu à Cambridge Bay, Rankin Inlet, Frobisher Bay, Fort Smith, Yellowknife et Inuvik pendant les mois de juin, juillet et août de la présente année.

Tous sont invités à participer à ces séances, même si certaines d'entre elles portent sur les aspects techniques des méthodes de conservation de l'eau.

D'autres séances porteront sur des moyens plus simples d'économiser l'eau à la maison.

Les dates et lieux des séances d'information seront annoncés au moment opportun dans les localités où elles auront lieu. Pour de plus amples renseignements sur la conservation de l'eau et pour obtenir de la documentation ou la liste des séances d'information, s'adresser à la Section eau et hygiène du département de l'Administration locale à Yellowknife ou dans les régions.

Afin de rejoindre le plus grand nombre de personnes possible, des séances d'information ont été prévues dans tous les centres régionaux des Territoires du Nord-Ouest.

Deux étudiants de niveau universitaire ont été engagés pour participer à la préparation du programme. Leur travail a consisté à recueillir, organiser et rassembler la documentation sur la conservation de l'eau, à coordonner les horaires et à participer à la présentation des séances.

Plan des séances d'information et localités où elles ont été tenues. Les séances d'information avaient pour but de faire connaître aux gens du Nord des méthodes faciles de conservation de l'eau d'usage domestique.

Les participants ont appris comment l'installation de dispositifs de plomberie de même que des changements d'attitude et d'habitudes pouvaient entraîner des réductions importantes de consommation d'eau potable. Ce message était diffusé au moyen d'exposés, films, diapositives, démonstrations et distribution de dépliants.

Une séance d'information type se déroulait comme suit:

- Introduction du projet - explication du plan et des grandes lignes du programme.
- Exposé sur la consommation, le gaspillage et la conservation de l'eau.
- Visionnement d'un film intitulé "Drip" et discussion.
- Pause-café.
- Examen des dispositifs de conservation de l'eau - présentation de diapositives et exhibition des dispositifs.
- Visionnement d'un film intitulé "Water Follies" et discussion.
- Conclusion - remplir et remettre un questionnaire portant sur les thèmes de la séance d'information.

On a tenu des séances d'information dans sept localités des cinq régions territoriales (figure 2). Pendant la semaine du 6 au 10 juillet, des séances ont été tenues à Rankin Inlet et Frobisher Bay, qui sont les centres régionaux respectifs des régions de Keewatin et de Baffin.

D'autres séances ont été tenues à Fort Smith, Hay River et Yellowknife, pendant la semaine du 10 au 14 août. Ces villes ont été choisies parce qu'elles ont une population importante, et Yellowknife est la capitale.

Inuvik, centre de la région d'Inuvik, a été le site de la troisième série de séances d'information qui ont eu lieu pendant la semaine du 17 au 21 août.

La dernière série de séances d'information s'est déroulée à Cambridge Bay, centre régional du district de l'Arctique central, du 24 au 28 août.

Rankin Inlet. Le hameau de Rankin Inlet, qui compte environ 1000 habitants, se trouve sur la côte ouest de la baie d'Hudson. Rankin Inlet a été fondé en 1950, suite à la découverte de mines de nickel dans la région. En 1961 la mine a été fermée, mais les habitants sont restés sur place. La relocalisation du Bureau régional de Keewatin du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest à Rankin Inlet a fait de cette localité un

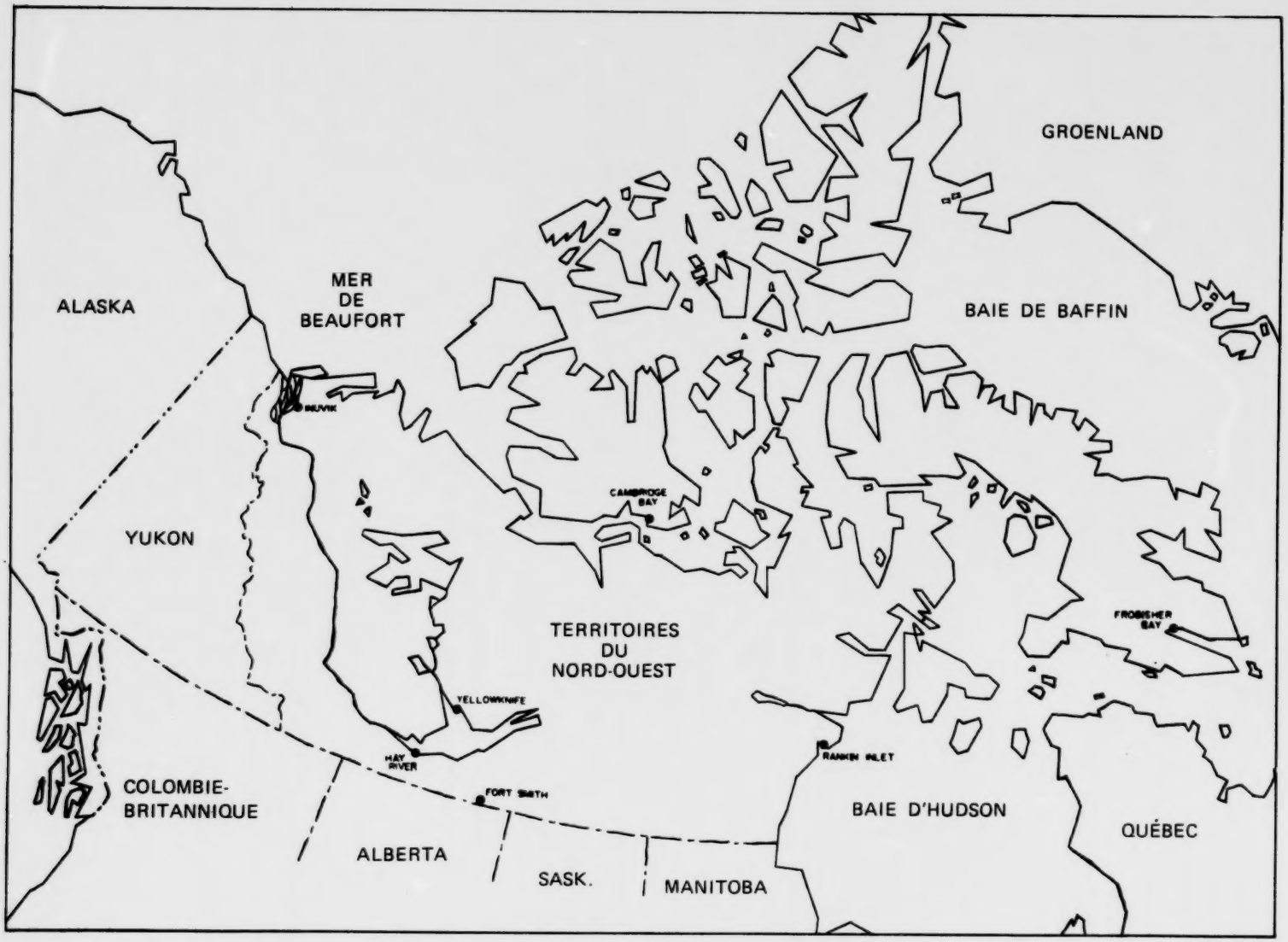


FIGURE 2 LOCALITÉS DES T.N.-O. OÙ ON A TENU DES SÉANCES D'INFORMATION SUR LA CONSERVATION DE L'EAU

centre clé sur le plan de l'administration, du transport et des communications. La collectivité s'approvisionne en eau à partir des lacs avoisinants, et l'eau est distribuée par un réseau de canalisations. Les eaux usées sont rejetées directement dans la baie d'Hudson par pompage.

La séance d'information pour les techniciens et les administrateurs a eu lieu de 9 h à 12 h le mercredi 8 juillet, dans la salle de réunion de l'Administration locale. Six employés du gouvernement invités par le directeur régional ont assisté à la séance. La réaction a été favorable dans l'ensemble. Les invités ont apprécié les films et les dispositifs en démonstration. La principale préoccupation qu'ils ont exprimée au sujet du programme touchait le manque de sensibilisation du public. Les employés gouvernementaux ont estimé qu'il serait difficile d'amorcer un mouvement dans le sens d'une diminution de la consommation d'eau, car les résidents n'ont pas à payer l'eau qui leur est toujours fournie en abondance. À Rankin Inlet, les tarifs d'eau n'ont pas encore été appliqués à tout le monde et cela explique en quelque sorte le manque d'intérêt envers la conservation.

La séance d'information publique a eu lieu le même jour de 19 h 30 à 21 h 30, au centre communautaire de Rankin Inlet. Dix-huit résidents y ont assisté dont 80 p. 100 étaient Inuit. La présence d'un interprète a permis à tout le monde de bien comprendre de de quoi il était question, et il semble que tous les participants ont apprécié tous les aspects de la rencontre, surtout le film "Water Follies". On a quand même dû nous signaler que la documentation n'avait pas été traduite de façon adéquate.

Frobisher Bay. Frobisher Bay est une agglomération dont la population de 2400 habitants est composée de Blancs et d'Inuit. La ville a été fondée en 1942 comme base des forces aériennes américaines à l'extrémité sud de l'île de Baffin. Frobisher Bay est maintenant le Bureau régional du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest pour la région de Baffin, et sert principalement de centre administratif, institutionnel et de communications pour le gouvernement. La distribution de l'eau dans la collectivité se fait par canalisations et par camions-citernes.

La première séance d'information tenue à Frobisher Bay a eu lieu le mardi 9 juillet 1981 de 20 h à 21 h 30 dans la salle du conseil municipal; seulement quatre personnes étaient présentes. Il n'en demeure pas moins que ceux qui ont assisté à cette séance ont été très intéressés et ont apprécié toute la présentation.

La séance d'information technique a eu lieu au centre d'éducation des adultes le vendredi 10 juillet 1981 de 9 h à 12 h. Cinq employés gouvernementaux de différents ministères ainsi qu'un journaliste y ont assisté. Suite à l'analyse des questionnaires remplis à cette occasion, il semble que la séance ait été instructive. Toutefois, comme cela a été le cas à Rankin Inlet, les participants de Frobisher Bay ont souligné le manque d'intérêt général pour la conservation de l'eau, en raison de la structure tarifaire.

Les améliorations au programme de conservation de l'eau suggérées par les participants comprenaient: un programme éducatif pour les enfants et un atelier qui porterait surtout sur la conception, l'installation et l'entretien des dispositifs de conservation de l'eau.

Fort Smith. Fort Smith, qui compte 2500 habitants, se trouve sur la rive ouest de la rivière des Esclaves, près de la frontière de l'Alberta. Cette localité était à l'origine la capitale des T.N.-O. En 1967, elle a été remplacée par Yellowknife et est devenue le centre administratif de la région de Fort Smith. La localité est desservie par un réseau de canalisations d'eau et d'égout, et seules quelques maisons sont approvisionnées par camion-citerne.

La séance publique a eu lieu le lundi 10 août 1981 de 19 h à 21 h, au Legion Hall de Fort Smith. Huit résidents étaient présents. Ils se sont montrés très intéressés et ont estimé qu'ils pourraient facilement réduire leur consommation d'eau domestique.

Hay River. Hay River est une localité portuaire très active de 3400 habitants, située sur la rive sud du grand lac de l'Esclave. Hay River est devenue un important centre de transport nord-sud en 1964, après la construction de la voie ferrée. La quasi-totalité de l'agglomération est desservie par un réseau de canalisations et le reste par un service de camions-citernes.

La séance d'information a été tenue le mardi 11 août 1981 à 19 h 30, au Arena Hall. Sept résidents étaient présents. Les commentaires sur le questionnaire ont indiqué que les participants ont été très déçus par le manque d'intérêt manifeste des résidents. Les seules critiques étaient à l'effet que le programme aurait dû faire l'objet d'une publicité plus importante (télévision, radio, journaux) et qu'on aurait même dû en parler dans les écoles.

Yellowknife. Yellowknife est, avec ses 10 000 habitants, la seule grande ville des Territoires du Nord-Ouest. Elle se situe sur la rive nord du grand lac de l'Esclave. Au début des années 1930, Yellowknife, suite à la découverte d'or, fut pendant quelque temps une ville florissante pour ensuite se transformer en ville quasi-fantôme, jusqu'à une nouvelle découverte d'or en 1945. Yellowknife est devenue la capitale des T.N.-O. en 1977, et elle est depuis lors le centre administratif du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest.

La séance d'information pour les techniciens et les administrateurs a eu lieu le mardi 13 août 1981 de 9 h à 12 h au Northern United Place. Sept membres de la collectivité y ont participé. Les participants ont fait plusieurs suggestions, dont les suivantes: qu'on tienne les séances d'information en hiver plutôt qu'en été; que l'information soit diffusée dans les langues autochtones; qu'elle soit disponible à la corporation d'habitation et finalement; que l'information soit moins générale et surtout orientée vers le transport par véhicule.

La séance publique a eu lieu le même jour à 19 h, dans l'auditorium du Prince of Wales Heritage Center. Sept personnes y ont assisté. Une seule proposition a été formulée: en vue d'accroître l'intérêt général pour ce genre de réunion, qu'on leur accorde une plus grande publicité (notamment par des annonces télévisées).

Inuvik. Inuvik, située sur le chenal est du Mackenzie a une population mixte blanche et inuite d'environ 3000 habitants. Inuvik, qui signifie "Place de l'homme", est le principal centre de commerce, de transport et de communications de la région du delta du Mackenzie. La localité sert également de principale base d'approvisionnement pour les activités d'exploration pétrolière et gazière dans le Nord. À cause du pergélisol, le réseau d'utilidors a été aménagé en surface. Une partie de la collectivité est également desservie par un système de livraison d'eau et de collecte des eaux usées par camion.

La séance d'information technique a été tenue dans le Family Hall d'Inuvik à 14 h, le mercredi 19 août 1981 (figure 3). Les sept fonctionnaires qui y ont participé en ont gardé une impression générale positive. Ils ont apprécié la présentation, le programme audio-visuel et la documentation disponible. Ils ont toutefois déploré la présentation d'un trop grand nombre de graphiques détaillés, qui n'ont pas semblé être très utiles dans ce genre de rencontre.

FIGURE 3 SÉANCE D'INFORMATION POUR LES TECHNICIENS ET ADMINISTRATEURS D'INUVIK

La séance publique devait avoir lieu le même jour à 19 h; malheureusement, personne ne s'est présenté en dépit de l'abondante publicité qui avait été faite. De nombreuses affiches avaient été posées, en plus de trois annonces radiodiffusées quotidiennement et de plusieurs avis dans les journaux.

Cambridge Bay. Située sur la côte sud-est de l'île Victoria, la collectivité qui compte environ 900 habitants est un site traditionnel de chasse pour les Inuit. La séance technique a eu lieu dans le Settlement Council Chambers de 14 h à 17 h le 26 août 1981. Les 12 personnes qui y ont assisté constituaient un bon échantillonnage de la population locale. La réaction a été enthousiaste et nous avons eu de nombreuses demandes de renseignements additionnels.

OBSERVATIONS

Malgré la publicité, la distribution d'affiches et les invitations personnelles envoyées à certains membres de la collectivité, la réponse a été plus que décevante. À la réflexion, il y a deux façons de considérer ce faible taux de participation. Il se peut que nos prévisions aient été un peu trop optimistes lorsque nous avons tenté de déterminer le nombre de personnes intéressées à la question de la conservation de l'eau. Par contre, les personnes qui ont assisté à la séance d'information ont manifesté beaucoup d'intérêt.

En même temps qu'était mis sur pied le programme d'information et de sensibilisation du public, le personnel de la Section eau et hygiène et celui de la Sous-section de la technologie nordique ont réalisé qu'il était important que la diffusion de l'information se fasse sur une base individuelle. La méthode la plus efficace pour atteindre cet objectif consiste à rencontrer les gens, leur parler, répondre à leurs questions, fournir la documentation pertinente et poursuivre dans cette voie à mesure que d'autres renseignements sont disponibles.

Le fait que les usagers des services d'eau et d'hygiène dans les Territoires du Nord-Ouest paient un très faible pourcentage du coût de ces services, et que la plupart d'entre eux ignorent tout des subventions directes qu'ils reçoivent du gouvernement, explique partiellement ce manque d'intérêt. Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest s'achemine lentement mais sûrement vers une politique de "paiement" des services d'eau et d'hygiène par les usagers. Ceux-ci n'auront pas à payer la totalité du coût des services fournis, mais un pourcentage accru de ces coûts, dans un avenir rapproché. L'approche adoptée par le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest pour la mise en application du programme de conservation de l'eau avait pour but de faire connaître les méthodes de réduction de la consommation de l'eau avant l'entrée en vigueur des futures augmentations de tarif.

En fait, une des questions les plus souvent posées lors des séances était: "Pourquoi économiser l'eau?" Une telle question, posée par un des quelque 45 000 habitants des Territoires du Nord-Ouest qui constituent une des plus grandes réserves d'eau douce au monde, peut sembler purement rhétorique. Tous sont conscients des pénuries d'eau dans plusieurs régions arides du monde et de la nécessité d'économiser l'eau en ces endroits mais pourquoi le faire dans les Territoires du Nord-Ouest? Compte tenu de l'abondance apparente d'eau douce dans les T.N.-O. et du manque de prise de conscience des usagers relativement à la prestation des services d'eau et d'hygiène, certaines des difficultés inhérentes à la mise en application d'un programme de conservation de l'eau deviennent évidentes.

Il y a eu toutefois des résultats positifs. Dans la majorité des cas, le personnel du département de l'Administration locale dans les divers centres régionaux participera activement à la mise en application des nouvelles structures tarifaires des services d'eau et d'hygiène. Il sera désormais mieux informé et plus conscient des aspects économiques et techniques associés aux stimulants à la conservation par l'intermédiaire de la conception d'une tarification des services et des options offertes au consommateur. Le personnel qui travaille à la conception, l'exploitation, l'entretien et la gestion des infrastructures sait maintenant qu'il existe un programme de conservation de l'eau et qu'il peut y faire appel au besoin. Le temps consacré à discuter avec des journalistes locaux généralement sceptiques a donné comme résultat la publication d'articles dans les journaux et la réalisation d'émissions radiodiffusées positives et pertinentes. Il y a eu un nombre important de demandes de renseignements supplémentaires suite aux séances d'information. La décision de lancer ce programme sur une base individuelle et de diffuser l'information lors de réunions et de séances d'information publiques s'est avérée sage. Ce type d'approche a le grand avantage de permettre aux personnes compétentes de répondre immédiatement aux questions des résidents.

Les résultats d'une telle approche sont tangibles, certainement beaucoup plus que ceux qu'aurait donné une campagne de sensibilisation uniquement orientée vers les média d'information.

POURSUITE DU PROGRAMME

La Section eau et hygiène a pris des mesures pour poursuivre le programme de conservation de l'eau par l'intermédiaire des média au cours de l'année 1982. Des films ont été choisis, les brochures et la documentation ont été rédigées et, avant tout, on a tenté d'évaluer la participation des résidents aux futurs programmes.

Au cours de l'année 1982, des brochures de renseignements généraux seront annoncées à la télévision dans tous les Territoires du Nord-Ouest. Des mesures seront prises pour traduire ces brochures dans les langues autochtones.

Comme pour les séances d'information de 1981, les données démographiques et la répartition par âge de la population des Territoires du Nord-Ouest serviront à choisir les programmes les plus efficaces.

RÉPARTITION PAR ÂGE - DÉCEMBRE 1980 (BUREAU DES STATISTIQUES, 1981)

	Nombre d'habitants	Pourcentage
Territoires du Nord-Ouest	45 882	100 %
Groupe d'âge pré-scolaire (0-4)	5 718	12,4 %
Groupe d'âge scolaire (5-14)	10 507	22,9 %
Population active (15-64)	28 450	62,0 %
Âge d'or (plus de 65)	1 207	2,6 %

Une partie du programme sera conçue pour les enfants d'âge scolaire. À cet effet, des échanges ont été amorcés avec les autorités de régions où de tels programmes ont été mis en oeuvre avec succès. En Californie, par exemple, la conservation de l'eau fait partie du programme des écoles publiques dans le cadre d'un effort pour inculquer le sens de l'économie de toutes les ressources.

Le programme de séances d'information se poursuivra et sera élargi. On tiendra des séances et de la documentation sera distribuée à chaque fois qu'il sera possible de le faire.

CONCLUSION

Les Territoires du Nord-Ouest ont des lacs d'eau douce qui comptent parmi les plus importants au monde, un des réseaux fluviaux les plus importants à l'échelle mondiale, sans compter le nombre incalculable de petits lacs et rivières. Un pourcentage élevé de l'eau douce au Canada se trouve dans les Territoires du Nord-Ouest. En dépit de cette abondance, approvisionner adéquatement et pendant toute l'année les collectivités des Territoires du Nord-Ouest constitue un défi et une entreprise très onéreuse.

L'eau est abondante en tant que telle, mais sa livraison au consommateur constitue une tâche qui requiert beaucoup d'énergie. Une diminution du gaspillage et un usage des plus judicieux de l'eau potable ne peuvent que servir les intérêts de tous les résidents des Territoires du Nord-Ouest.

Le programme d'information et de sensibilisation du public présentement en cours encourage la conservation de l'eau dans les Territoires du Nord-Ouest, en donnant au consommateur l'information et les connaissances requises pour utiliser efficacement cette ressource très précieuse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bureau of Statistics (1981), Statistics Quarterly, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest.

Cameron, J.J. et B.C. Armstrong (1979), "Water and Energy Conservation Alternatives for the North", Sous-section de la technologie nordique (Environnement Canada) et département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

Sims, M.J. (1981), "Proposed Interim Service Rates - Water and Sanitation, Frobisher Bay, N.W.T.", Section eau et hygiène, département de l'Administration locale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

État de Californie (1976), "Water Conservation in California", State of California, Department of Water Resources.

ACCEPTATION DE L'EAU TRAITÉE PAR LES COLLECTIVITÉS NORDIQUES

Michael J. Sims
Planification urbaine et aménagement des terres
Département de l'Administration locale
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Yellowknife, T.N.-O.

INTRODUCTION

Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, dans le cadre d'un programme soutenu pour améliorer les conditions de l'approvisionnement en eau et des services sanitaires, implante des systèmes de distribution de base dans les agglomérations des T.N.-O. afin que tous les résidents bénéficient en permanence d'une eau qui réponde à des normes raisonnables de santé et d'hygiène. La complexité des installations varie d'une agglomération à l'autre, le minimum acceptable étant une station de pompage et de remplissage pour camions-citernes.

Même si le programme du gouvernement territorial est en vigueur depuis quelque temps, ce n'est que ces cinq dernières années qu'un plan d'amélioration dynamique et méthodique a été mis en place. C'est pourquoi il y a encore plusieurs collectivités des T.N.-O. qui ne bénéficient toujours pas des services de base.

Avant de commencer à construire dans une agglomération quelconque, une étude approfondie est entreprise pour analyser les diverses sources et méthodes d'approvisionnement en eau. Toutes les sources d'approvisionnement possibles sont échantillonnées (un minimum de 2 échantillons par plan d'eau) et une analyse chimique complète est effectuée pour chaque échantillon. Les "Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable au Canada - 1978", établies par le ministère de la Santé et du Bien-être social Canada, servent de normes pour la qualité de l'eau dans les T.N.-O. Les résultats de l'analyse des échantillons sont examinés et si une source particulière d'approvisionnement ne répond pas aux critères, on peut soit l'écarter de la liste des options, soit la conserver mais lui faire subir un traitement. Une comparaison de la valeur actualisée des coûts en capital et des frais d'E & E de toutes les options est effectuée sur une période de vingt ans. L'option la plus rentable est généralement recommandée et adoptée. Les infrastructures aménagées peuvent comprendre certaines formes de traitement pour améliorer la qualité de l'eau. Toutefois, presque toutes les installations construites jusqu'à maintenant n'ont eu besoin que d'une fine grille pour retenir les matières particulaires, ainsi que d'un équipement de chloration pour la désinfection de l'eau.

Dans certaines collectivités où de nouvelles installations ont été construites, on a découvert que les autochtones utilisaient l'eau traitée à des fins domestiques seulement. Même si l'eau répond à toutes les exigences des "Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable au Canada", certaines personnes n'aiment pas le goût de l'eau traitée et continuent d'aller chercher et de faire fondre de la glace et de la neige, surtout pour le thé.

EXEMPLES DE PROBLÈMES DE GOÛT

1. Lake Harbour (T.N.-O.) - Lake Harbour est une petite localité située à l'extrémité sud de l'île de Baffin. Elle compte environ 300 habitants, Inuit pour la plupart.

La collectivité ne bénéficie pas encore de services acceptables d'approvisionnement en eau. L'eau est donc puisée dans un lac avoisinant et livrée à domicile. En été, un tuyau souple plongé dans la partie la plus profonde du lac est relié au camion-citerne et l'eau est amenée dans les réservoirs du camion par pompage. En hiver, tous les jours un trou est creusé dans la glace et on introduit un tuyau relié au camion.

En 1979, une évaluation préliminaire des diverses sources possibles d'approvisionnement en eau a été entreprise à Lake Harbour. Dans le rapport subséquent, deux sources d'approvisionnement étaient étudiées: la source actuelle à savoir le lac Fundo, et le lac Lejo. La qualité de l'eau des deux lacs était semblable, tel qu'indiqué au tableau 1.

TABLEAU 1 ANALYSE DE L'EAU DES LACS FUNDO ET LEJO À LAKE HARBOUR

	Lac Fundo (mg/l à l'exception du pH)	Lac Lejo (mg/l à l'exception du pH)	Limites à respecter pour une eau potable de qualité acceptable (mg/l à l'exception du pH)
pH	7,2	7,6	6,5 - 8,5
Na	5	6	aucune limite fixée
Ca	9,6	22,2	aucune limite fixée
Mg	1,6	2,9	aucune limite fixée
Fe	N	trace	0,3
SO_4	17	31	500
Cl	4	6	250
Dureté ($CaCO_3$)	30,6	67,3	aucune limite fixée mais valeur de 80 à 100 considéré comme idéale; > 200 est médiocre.
Matières totales dissoutes	59	117	500
Matières organiques	N	N	

Soumises à un procédé de chloration, les deux sources d'approvisionnement considérées comme acceptables et diverses options de service ont été évaluées et comparées pour les deux lacs. Le rapport concluait qu'il en coûterait environ $400 000 de moins pour construire une station de pompage et de remplissage pour camions-citernes au lac Fundo, la source actuelle d'approvisionnement (Brown, 1979). En termes de coûts en capital et de frais d'E & E étalés sur une période de vingt ans, il en aurait coûté environ 20 p. 100 de plus pour construire la même station au lac Lejo; celui-ci étant plus éloigné de l'agglomération, les coûts de construction et d'entretien de la route auraient été plus élevés.

Les résidents de la collectivité, qui préféraient l'eau du lac Lejo, n'ont pas approuvé la recommandation. En raison des différences importantes de coût entre les deux options, une rencontre a été organisée à l'automne de 1980 pour entendre les doléances des gens. Suite à la réunion, il est apparu évident que l'argument principal des résidents était que le thé avait meilleur goût lorsqu'il était fait avec l'eau du lac Lejo. Afin de déterminer la différence entre l'eau des deux lacs, un test public de dégustation semblable au "défi coke-pepsi" a été organisé. Pour l'occasion, on a fait l'achat de deux récipients neufs en plastique d'une capacité de 5 gallons, qui furent respectivement remplis d'eau des lacs Fundo et Lejo. La source était identifiée sur chaque récipient, mais seuls ceux qui avaient puisé l'eau pouvaient reconnaître les marques. Une assemblée publique a été organisée dans la soirée, afin de faire passer une série de tests avec l'eau.

Pour le premier test, on a demandé à des volontaires de boire de l'eau de chaque récipient et d'indiquer leur préférence. Onze volontaires ont accepté de faire l'essai. Huit d'entre eux ont préféré l'eau du lac Fundo, un seul a préféré l'eau du lac Lejo tandis que deux autres ne constataient aucune différence. Les volontaires ne savaient pas d'où provenait l'eau qu'ils ont bue au moment de faire leur choix.

Le deuxième essai consistait à déterminer si le goût du thé était différent. On a fait bouillir l'eau des deux échantillons pendant la même période. Des récipients en verre ont été utilisés pour faire le thé et la même marque de sachet de thé a été utilisée. Une quantité égale d'eau a été versée dans chacun des récipients. On a laissé infuser les sachets de thé pendant le même temps puis on les a retirés. On a demandé à d'autres volontaires de déguster le thé contenu dans chaque récipient. Les volontaires ne savaient toujours pas d'où provenait l'eau. Des sept personnes qui ont dégusté le thé, une seule a préféré le thé fait avec l'eau du lac Fundo tandis que les six autres ont choisi le thé fait avec l'eau du lac Lejo. On a constaté que le thé infusé dans l'eau du lac Fundo noircissait plus rapidement que le thé infusé dans l'eau du lac Lejo.

Il en résulte que la plupart des personnes ont préféré l'eau fraîche du lac Fundo et le thé fait avec l'eau du lac Lejo. Les Inuit et les personnes âgées en particulier accordent une grande importance au goût du thé et ils ont estimé que les résultats des essais confirmaient leur préférence pour l'eau du lac Lejo.

Dernièrement, la collectivité a entrepris l'étude de son expansion future, ajoutant ainsi une autre variable au processus de prise de décision. Il faut maintenant régler cette question avant de faire un choix final de la source d'approvisionnement en eau.

2. Sanikiluaq (T.N.-O.) - Sanikiluaq est une petite collectivité des îles Belcher, dans la partie sud-est de la baie d'Hudson. La population, essentiellement inuite, compte environ 400 habitants.

Au cours de l'été de 1979, une station de pompage et de remplissage pour camions-citernes a été construite au bord d'un lac, à proximité de l'agglomération. L'installation comprenait une prise d'eau immergée en permanence. L'extrémité de la prise d'eau était située de 1 à 1,5 m avant le fond du lac. La chloration par hypochlorite était assurée par un doseur automatique de réactif. Le chlore est injecté dans l'eau pendant le remplissage du camion-citerne. Le temps de réaction du chlore correspond au temps de livraison de

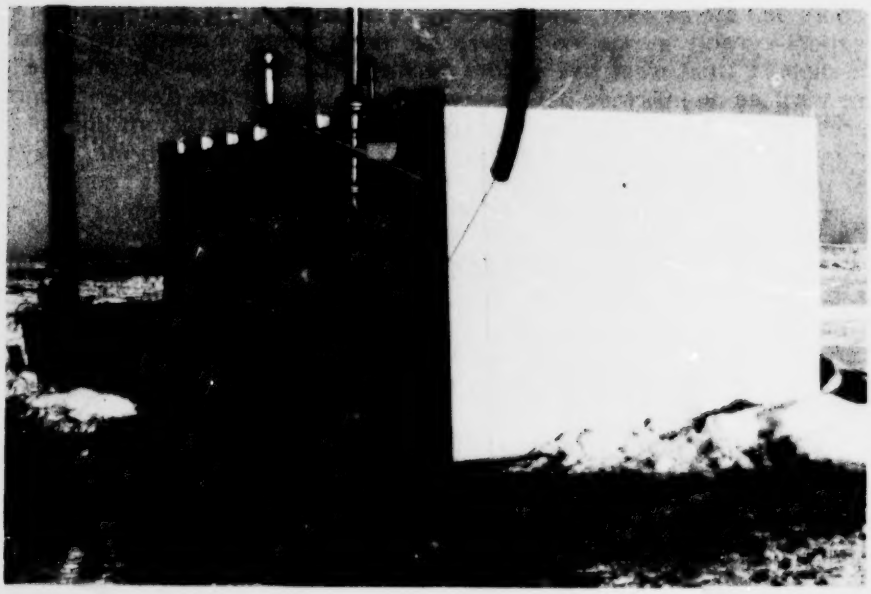


FIGURE 1 STATION DE POMPAGE ET DE REMPLISSAGE POUR CAMIONS CITERNES, SANIKILUAQ

l'eau aux résidents et au temps de remplissage des réservoirs domestiques. Comme il en va pour tout système de livraison par camion, il arrive souvent que le chlore résiduel se dissipe avant que l'eau ne soit consommée.

Au cours de l'étape préliminaire du projet, les résidents s'étaient plaints de la couleur et du goût du thé fait avec l'eau du lac. Ils préféraient le thé fait avec la glace du lac plutôt qu'avec l'eau du robinet. L'eau venait du même lac que la glace mais elle était puisée dans un trou creusé dans la glace et transportée par camion-citerne. Du chlore était ajouté à l'eau pendant le remplissage du véhicule. Afin d'évaluer le bien-fondé des plaintes, les consultants ont fait du thé avec de l'eau provenant de trois sources différentes: la glace du lac, l'eau captée à travers la glace et l'eau du robinet. Le thé fait avec la glace était le plus clair, celui fait avec l'eau du robinet, plus foncé. Les consultants ont estimé que tous les thés étaient buvables et sans arrière-goût désagréable. Des échantillons des trois sources ont été ensuite prélevés et analysés. L'analyse de l'eau n'a pas permis d'expliquer la différence de couleur du thé (1). Étant donné que l'eau répondait aux normes de traitement, aucune autre étude n'a été exécutée.

La station de pompage-remplissage a été mise en service au cours du printemps de 1980, et elle a fonctionné jusqu'en décembre de la même année. La collectivité a fermé l'installation parce que le goût et l'odeur de l'eau s'étaient détériorés à un point inacceptable pour les résidents. Certaines personnes ont fait fondre de la glace, mais la quasi-totalité de l'eau consommée par la collectivité était puisée sous la couche de glace et transportée par camion-citerne. Cette eau avait un goût et une odeur, mais elle était beaucoup plus acceptable que celle qui provenait de la station de pompage.

Au cours de l'été de 1981, une étude de la situation a été entreprise et ces derniers mois, un expert-conseil a mis en oeuvre un programme intensif d'échantillonnage et d'essais. Le rapport final n'est pas encore terminé. L'expert-conseil propose une théorie qui doit être vérifiée ou infirmée par les résultats du programme d'échantillonnage.

D'après les premières analyses, les sédiments du fond du lac ont une forte teneur en matières organiques et en métaux. Lorsque la couche de glace se forme, l'oxygénation est bloquée. À mesure que l'hiver avance, les matières organiques contenues dans les sédiments peuvent se décomposer dans ces conditions anaérobies et entraîner la production de sulfure d'hydrogène.

Les conditions anaérobies pourraient être accompagnées d'une diminution du pH provoquant la résolution du fer dans les sédiments de fond, et un accroissement de la teneur en fer de l'eau. Il est également logique de croire que la concentration d'autres éléments contenus dans l'eau augmente à mesure que la glace s'épaissit. Cette augmentation de la teneur en fer pourrait bien être la cause du goût prononcé de l'eau et du noircissement du thé (2).

La station de remplissage a été remise en marche au cours de l'été de 1981, lorsque la qualité de l'eau s'est améliorée. L'hiver dernier, l'eau ne s'est pas altérée de façon aussi importante que l'année précédente et c'est pourquoi la station est encore en exploitation. Il est intéressant de constater que même si les résidents utilisent l'eau de la station de pompage pour leurs usages ménagers, un grand nombre d'autochtones continuent à aller chercher de la glace pour l'eau fraîche et celle qui sert à faire le thé. L'étude de l'expert-conseil est presque terminée et les résultats devraient nous parvenir au cours de l'été de 1982.

3. Eskimo Point - Eskimo Point est une collectivité d'environ 1000 habitants, située sur la côte ouest de la baie d'Hudson. La majorité de la population est inuite.

Afin que la collectivité puisse bénéficier d'une source d'approvisionnement en eau potable pendant toute l'année, un réservoir en terre d'une capacité de 29,5 millions de litres a été construit au cours des années 1975 et 1976. Le réservoir a été doublé d'un plastique imperméable et une station de pompage et de remplissage pour camions-citernes a été construite sur le site. La conduite d'admission se situe à environ un mètre du fond du réservoir. Le remplissage annuel s'effectue en été, par l'intermédiaire d'une canalisation reliée à un lac avoisinant peu profond. Les résidents se sont plaints de la couleur anormalement noire du thé fait avec l'eau du lac. Étant donné que l'eau était peu alcaline et instable, du carbonate de soude a été ajouté dans le réservoir pendant le remplissage annuel.

Les résidents ont quand même continué à se plaindre de la qualité de l'eau provenant du réservoir. Ils n'aimaient pas le goût du chlore et pensaient que l'eau était stagnante parce qu'elle restait trop longtemps dans le réservoir sans être agitée. Ils ont donc continué à se servir de la glace pour leurs besoins en eau potable en hiver, et à puiser l'eau dans une rivière avoisinante pendant l'été. Ils considèrent que l'eau courante a meilleur goût que l'eau stagnante des lacs sans admission d'eau ou exutoire, ou celle contenue dans les réservoirs. Le mauvais goût de l'eau semblait être essentiellement dû à de trop faibles teneurs en oxygène dissous dans le réservoir, ce qui empêchait toute aération de surface. Il fut également admis que, à mesure que la glace s'épaississait pendant l'hiver, la concentration en matières totales dissoutes augmentait sous la couche de glace, ce qui rendait le goût de l'eau de moins en moins acceptable. On notera que, même dans les pires conditions, l'eau était parfaitement conforme aux exigences esthétiques et chimiques établies dans les "Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable au Canada".

En vue d'améliorer la qualité de l'eau, un système d'aération a été installé dans le réservoir en 1977; il devait régler les problèmes de stagnation. Des experts-conseils en qualité de l'eau ont également été engagés pour faire une étude plus approfondie du problème.

Les conclusions et recommandations de l'expert-conseil étaient les suivantes:

a) La qualité de l'eau dans le réservoir est satisfaisante et l'eau n'a aucun goût particulier.
b) Un grand nombre d'habitations ont des réservoirs en aluminium. L'aluminium résiste bien à la corrosion si l'eau est suffisamment aérée et si son pH se situe entre 5 et 7, mais le métal peut être attaqué par l'eau contenant des résidus de chlore, surtout si le pH est supérieur à 7. Le pH de l'eau du réservoir se situant entre 7,5 et 8,8, l'expert-conseil pense que le chlore résiduel dissout la pellicule d'hydroxyde d'aluminium qui protège les réservoirs en aluminium, et libère des ions d'aluminium dans l'eau. Les tuyaux raccordés au réservoir en aluminium sont en cuivre, et le degré de conductivité de l'eau entraîne un effet de galvanisation entre le cuivre et l'aluminium, qui contribue à corroder le réservoir et à libérer des ions d'aluminium. Il est donc probable que c'est là l'origine du goût métallique de l'eau et du noircissement du thé. L'expert-conseil recommande le remplacement ou la modification de ce type de réservoir.
c) Il y a des organismes (inoffensifs) dans l'eau et l'expert-conseil recommande la pose de filtres ou de crépines.
d) La qualité de l'eau dans le réservoir est meilleure près de la surface; il est recommandé, par conséquent, qu'une prise d'eau flottante soit installée directement sous la surface de la glace.
e) L'expert-conseil estime que l'eau du réservoir se colore et prend un goût et une odeur vers la fin de l'hiver en raison de la concentration de matières organiques colloïdales due au gel. Il recommande donc l'installation de filtres au charbon dans la station de pompage.
f) Plusieurs personnes se sont plaintes du goût de chlore. L'expert-conseil suggère, par conséquent, l'irradiation à l'ultra-violet comme solution de rechange à la chloration.
g) L'expert-conseil estime que plusieurs problèmes sont plus imaginaires que réels et recommande de procéder à des séances d'information pour dissiper les malentendus au sujet de l'eau et des méthodes de traitement, ainsi que des risques pour la santé (3).

Suite à cette étude approfondie, des modifications ont été apportées au cours de l'été de 1976 dans le but d'installer des grilles fines dans la prise d'eau. Les responsables ont décidé de conserver la chloration comme méthode de désinfection parce que l'irradiation à l'ultraviolet n'assure aucune protection résiduelle.

Nombre d'Inuit continuent toutefois à utiliser l'eau du réservoir pour les besoins ménagers seulement. Le conseil de bande a organisé un service à contrat de transport de glace pour les résidents qui la préfèrent pour leurs besoins en eau potable.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES EAUX NORDIQUES

Les sources superficielles d'eau potable dans les Territoires du Nord-Ouest peuvent être divisées en deux grandes catégories qualitativement semblables; elles sont séparées l'une de l'autre par la ligne d'arborescence.

Au sud de la limite forestière, l'eau a tendance à être plus alcaline, plus sensible aux variations saisonnières de turbidité et de couleur, et nécessite souvent un traitement physique et chimique avant la chloration.

Au nord de la limite forestière, la couleur, la turbidité, l'alcalinité et la minéralisation de l'eau tendent à être plus faibles. Le pH y est très sensible aux variations dues à l'addition du chlore et l'eau est généralement plus corrosive. La qualité de cette eau est proche de celle de l'eau distillée. La plupart des sources d'eau situées au nord de la

FIGURE 2 LIGNE D'ARBORESCENCE

ligne d'arborescence sont alimentées directement par la fonte des neiges et les précipitations. Les bassins versants sont très limités et, par conséquent, très peu de métaux ou de sels sont absorbés avant que l'eau ne s'accumule dans les nombreux petits lacs peu profonds qui caractérisent cette région du Canada. Le traitement de l'eau se limite généralement au tamisage et à la chloration, bien que certaines collectivités ajoutent du carbonate de sodium dans les réservoirs pour améliorer l'alcalinité et la stabilité.

La majorité des plaintes reçues concernant la qualité des eaux traitées viennent de collectivités établies au nord de la limite forestière. Elles sont généralement associées au goût de l'eau et du thé fait avec cette eau.

ANALYSE DES PLAINTES DES RÉSIDENTS

Étant donné que les systèmes d'approvisionnement en eau sont généralement implantés depuis peu dans ces collectivités, il est possible que les exploitants du service ne contrôlent pas encore suffisamment le dosage de la quantité de chlore à ajouter à l'eau. Il peut y avoir des cas où le résidu de chlore est trop élevé et donne un goût prononcé à l'eau. Par ailleurs, les plaintes ne viennent généralement que des autochtones.

Tel que mentionné dans l'étude d'Eskimo Point, les réservoirs en aluminium utilisés dans cette collectivité donnaient un goût particulier à l'eau. En raison du fait que les eaux situées au nord de la ligne d'arborescence sont généralement corrosives, la réaction du chlore avec l'aluminium des réservoirs a pu créer des problèmes de goût dans la plupart

des collectivités de cette zone. L'expert-conseil a également découvert que de nombreux réservoirs ne pouvaient pas facilement être nettoyés. Or, s'ils ne sont nettoyés qu'occasionnellement, il peut y avoir une accumulation de fine matière particulaire qui constitue un milieu de culture pour les bactéries et naturellement, les dépôts sont brassés à chaque remplissage du réservoir. Cela pourrait expliquer le goût particulier de l'eau et sa couleur.

Tel que mentionné précédemment, les plaintes sont généralement le fait d'autochtones et, dans la majorité des cas, les autres résidents ne se plaignent pas du goût de l'eau. Puisque les autochtones qui vivent au nord de la limite forestière sont des Inuit, on a cru devoir leur reconnaître une plus grande sensibilité gustative. Cette théorie est corroborée par les essais menés à Lake Harbour. À cet endroit, il semble n'y avoir que très peu de différence entre la qualité de l'eau des deux lacs et, pourtant, la majorité des gens ont montré une préférence marquée pour l'un d'entre eux. Aucun des échantillons n'était chloré. Les analyses chimiques des deux lacs de Lake Harbour n'étaient pas exhaustives et il se peut qu'une analyse plus détaillée révèle un paramètre qui expliquerait cette différence de goût.

Il est possible que le problème soit plus imaginaire que réel, comme le suggère l'étude menée à Eskimo Point. Depuis des milliers d'années, les Inuits boivent une eau naturelle et limpide. La construction de réservoirs de stockage ne leur apparaît pas chose naturelle. L'addition de produits chimiques à l'eau est également une pratique nouvelle et artificielle pour eux.

Avant la construction des installations d'approvisionnement en eau dans ces collectivités, les Inuit avaient l'habitude de boire l'eau de surface pendant l'été et la glace fondue en hiver. Ces sources estivales étaient par conséquent très pures et généralement bien aérées. Il en était de même pour la glace fondue pendant l'hiver. Jusqu'à tout récemment, il n'y avait aucune addition de chlore. Depuis la construction des nouvelles installations, l'eau est désormais puisée sous la glace en hiver et chlorée. Les nombreuses plaintes formulées par les Inuit viennent surtout des personnes les plus âgées de la collectivité. Il se peut que leur seuil de gustation soit très bas et qu'ils soient en mesure de remarquer les changements de goût lorsque du chlore est ajouté à l'eau. S'il y a minéralisation dans les réserves d'eau, la concentration augmentera à mesure que l'hiver avance et que la glace épaissit. Cette concentration accrue de minéraux pourrait être détectée par les Inuit, puisqu'ils comparent cette eau à l'eau pure de l'été et à la glace fondue de l'hiver. Une minéralisation accrue pourrait également expliquer le "phénomène du thé noir".

CONCLUSION

Il semble que les Inuit ne supportent pas le goût du chlore dans l'eau traitée. Dans certaines collectivités des T.N.-O., les conseils ne permettent pas la chloration de l'eau en dépit des recommandations contraires de l'agent du service d'hygiène du milieu. Certains conseils ont même engagé des contractuels pour le transport de la glace chez ceux qui la préfèrent à l'eau traitée. La chloration est toutefois la méthode de désinfection la plus efficace et la plus économique, et elle est essentielle si on veut assurer un approvisionnement en eau salubre. Sans désinfection, les résidents sont inutilement exposés à contracter des maladies entériques.

Même si des sources d'approvisionnement en eau propre à la consommation sont assurées, la préférence pour le goût de la neige ou de la glace fondue et pour l'eau recueillie directement sur place qui est le fait des personnes âgées en particulier, a pour conséquence que les résidents continuent d'utiliser des méthodes d'alimentation beaucoup

moins sanitaires. Avons-nous échoué dans notre tentative de fournir des services améliorés si ce genre d'attitude prévaut à certains endroits? Compte tenu du fait qu'une source d'eau particulière répond aux lignes directrices de Santé et Bien-être social Canada, quel degré de traitement serait considéré raisonnable pour atténuer les plaintes relatives au goût?

Chaque collectivité doit être étudiée individuellement. À Sanikiluaq, par exemple, la qualité de l'eau s'est détériorée à un point tel qu'il a fallu fermer tout le réseau, puisque personne ne l'utilisait. Ce genre de situation est inacceptable, car pourquoi construire une installation si personne ne l'utilise? L'exemple de Sanikiluaq pose un problème beaucoup plus grave que les plaintes associées au goût et bien que ce ne soit pas encore le cas, la qualité de l'eau pourrait se détériorer à un point tel en hiver, qu'elles ne sont plus conformes aux Lignes directrices concernant la qualité de l'eau. Même si les limites établies par Santé et Bien-être social Canada n'ont pas été dépassées à Sanikiluaq, des mesures devraient être prises pour régler ce problème particulier.

Malgré tout, la plupart des collectivités utilisent les nouvelles installations et le fait que certaines personnes continuent de s'approvisionner aux sources traditionnelles ne devrait pas jeter un blâme sur toute l'entreprise. Étant donné que la source d'eau répond aux Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable, il faudrait chercher de nouvelles solutions pour régler le problème plutôt que soumettre l'eau à d'autres formes de traitement.

Voici certaines suggestions pour réduire les problèmes associés au goût:

1. Procéder à un échantillonnage approfondi des sources d'approvisionnement en eau préalablement à la conception du réseau. La plupart des échantillons recueillis jusqu'à maintenant lors des études préliminaires ont été prélevés en été, à la surface de l'eau. Les échantillons devraient également être prélevés en hiver et à diverses profondeurs, afin d'évaluer la qualité de l'eau dans les conditions les plus défavorables. Lorsque les résidents déplorent que le thé devienne noir lorsqu'il est fait avec une eau particulière, celle-ci devrait être analysée pour tenter de déterminer ce qu'il en est.
2. Lors de la construction d'un nouveau réseau, on devrait accorder une attention particulière à la formation de l'opérateur chargé du dosage du chlore. La qualité de son travail et l'acceptation de l'eau par la collectivité devraient être surveillées étroitement pendant la première année d'exploitation, dans le but de s'assurer que des quantités résiduelles de chlore suffisantes sont maintenues.
3. Les réservoirs domestiques individuels devraient être conçus en tenant compte des caractéristiques des sources d'approvisionnement en eau de chaque collectivité, afin d'éviter que des problèmes de corrosion ne surviennent. Les réservoirs devraient également être munis de trappes d'accès appropriées pour permettre le nettoyage périodique. Les panneaux des trappes d'accès devraient être faciles à enlever, tout en étant suffisamment étanches à la saleté ou à la poussière.
4. Un programme d'information et de sensibilisation du public sur le traitement de l'eau devrait être mis sur pied. C'est peut-être en renseignant les résidents sur la chloration qu'on les amènera éventuellement à accepter l'eau traitée.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier Vern Christensen et Bob Milburn du département de l'Administration locale ainsi que John Clark et Al Shevkenek du ministère des Travaux publics (gouvernement des Territoires du Nord-Ouest), pour leur appui et leurs conseils techniques lors de la préparation et de la révision du présent document.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Kerr, W.H., Lettre du 29 mai 1980 à A. Shevkenek, ministère des Travaux publics, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. Objet: Approvisionnement en eau à Sanikiluaq.

2. Simmering, S.G., Lettre du 19 octobre 1981 à J. Clark, ministère des Travaux Publics, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. Objet: Problème concernant la qualité de l'eau à Sanikiluaq.

3. Feilden, R. Walker et N.A. Lawrence (1977), "Water Quality at Eskimo Point, N.W.T.", Associated Engineering Services Ltd., nov. 1977.

4. Brown, S. (1979), "Lake Harbour Water, Sewage and Garbage Predesign Report 1979", ministère des Travaux publics, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest.

5. Santé et Bien-être Social Canada (1980) "Lignes directrices concernant la qualité de l'eau potable au Canada - 1978", Approvisionnements et Services Canada, nº de catalogue: H48-10/1978-HE.

EXAMEN DE DIVERSES MÉTHODES DE CONTRÔLE DE PURGE

Allan Yee
et
Daniel W. Smith
Département du génie civil
Université de l'Alberta
Edmonton (Alberta)

INTRODUCTION

Dans les localités nordiques, une des façons les plus classiques de protéger les canalisations souterraines contre le gel a consisté à assurer un débit d'eau continu dans les canalisations maîtresses et les branchements. Dans les localités où la quantité d'eau potable n'était pas limitée, le maintien de ces débits a souvent été assuré en purgeant les bornes d'incendie périphériques, les culs-de-sac des conduites maîtresses et les conduites de vidange des bâtiments, directement dans le réseau d'égouts.

Les purges d'eau entraînent des taux de consommation plus importants, de même que des coûts de traitement et de pompage plus élevés. Les purges contribuent également à la production d'eaux usées très diluées dans des régions où les températures sont basses. Par contre, le réseau de distribution d'un système de purge peut être aménagé d'une façon classique, avec un minimum d'isolant et, dans certains cas, moins profondément dans le sol.

Le présent document rend compte d'une étude entreprise en vue de mettre au point et d'évaluer diverses méthodes permettant de réduire la quantité d'eau qui doit être purgée dans un réseau de distribution pour prévenir le gel. Le projet comprenait l'étude d'un système de purge en exploitation, la mise au point de certains dispositifs de réglage de purge et l'évaluation en laboratoire de ces dispositifs. Des simulations par ordinateur ont également été faites pour déterminer l'effet de débits réduits de purge dans un réseau existant.

GÉNÉRALITÉS

La purge des canalisations est sans doute la façon la plus élémentaire de protéger les réseaux de distribution contre le gel. Dans sa forme la plus simple, la méthode consiste à laisser couler l'eau des robinets dans l'égout. Il peut s'agir également d'installer des purgeurs spéciaux entre un branchement donné et le réseau d'égouts (voir figure 1). L'extrémité des canalisations d'approvisionnement et les bornes d'incendie périphériques sont également munies de purgeurs pour éviter la formation de zones d'eau dormante.

Le principe de fonctionnement d'un purgeur est semblable à celui d'un réseau à deux canalisations ou d'un réseau à canalisation unique avec recirculation. À mesure que l'eau quitte une section de conduite quelconque, elle est continuellement remplacée par une eau plus chaude. Dans des conditions d'équilibre, l'eau introduite dans une section en sort légèrement moins chaude, mais les pertes nettes de chaleur en toute section de conduite ne sont pas assez importantes pour qu'elle gèle. L'apport continu d'eau et, par conséquent, de chaleur dans le réseau, est assuré en purgeant les culs-de-sac et les branchements.

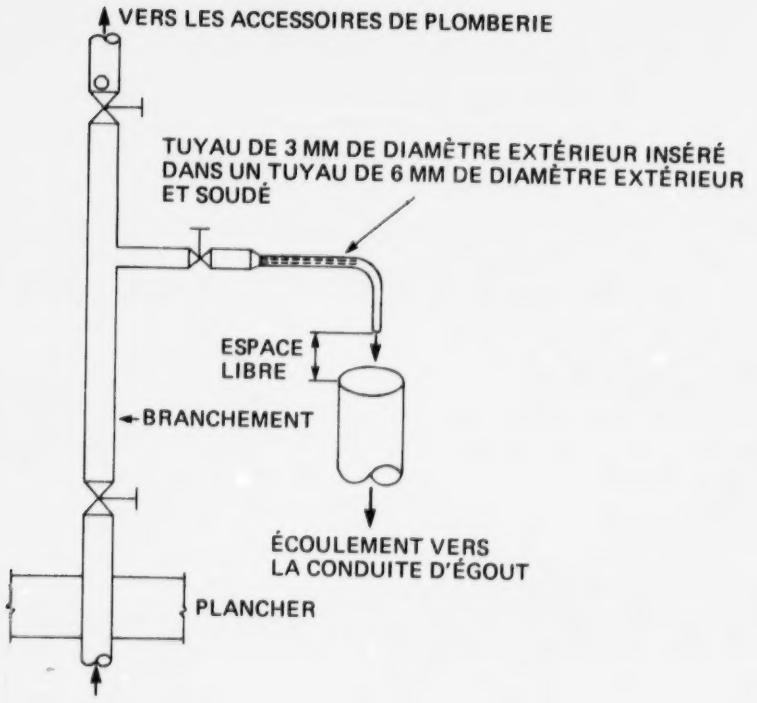


FIGURE 1 SCHÉMA D'UN PURGEUR DOMESTIQUE COURANT

Les caractéristiques des purgeurs sont les suivantes:

1. Consommation d'eau par personne très élevée (voir tableau 1).
2. En raison de la forte consommation d'eau, il faut des réseaux d'eau et d'égouts de capacité plus importante. Pour assurer la distribution de l'eau, les conduites, les pompes et les réservoirs doivent être plus grands et des installations de traitement d'eau plus importantes peuvent également être nécessaires. Il en va de même pour le réseau d'égouts qui nécessite des pompes, des conduites et des stations d'épuration des eaux usées de plus grande capacité. Les coûts en capital et les frais d'E & E ne peuvent en conséquence que subir une hausse.
3. La purge des canalisations à l'échelle de la collectivité suppose qu'une importante source d'eau potable est facilement accessible.
4. La purge des canalisations permet aux collectivités nordiques d'aménager les réseaux de distribution d'une façon classique, sans restrictions particulières en matière de planification urbaine; les canalisations sont enfouies peu profondément et, dans les régions où on n'a pas à craindre de perturber le pergélisol, une isolation minimale suffit.

TABLEAU 1 CONSOMMATION D'EAU DANS CERTAINES COLLECTIVITÉS DU NORD QUI UTILISENT DES PURGEURS*

Emplacement	Consommation d'eau (l/pers./d)	% de la consommation de référence	Remarques	Références bibliographiques
T.N.-O.				
Yellowknife	485	115	Portion de l'agglomération desservie par canalisations	Smith et coll., 1979
Pine Point	590	140	Moyenne quotidienne, janv.-nov. 1975, pointe quotidienne	Reid Crowther & Partners, Ltd., 1977; King, 1979
	1160	276		
Yukon				
Clinton Creek	1185	285	Moyenne annuelle	Stanley Assoc. Engineering Ltd., 1974
	680-2270	162-540	Plage	
Whitehorse	1680	400	Moyenne annuelle	
	1135-2500	270-595	Plage	
Dawson City	3630-9080	865-2162	Plage	
Dawson City	3890	2120	Moyenne quotidienne, sept.-avril 1976	Stanley Assoc. Engineering Ltd., 1977
	2410	574	Moyenne quotidienne, mai-août 1976	
Faro	790	188	Moyenne annuelle	Cormie, 1979
Haines Junction	570	136	Moyenne annuelle	
Mayo	2730	650	Moyenne annuelle	
Watson Lake	820	195	Moyenne annuelle	
Alaska				
Anchorage	890	212	Moyenne annuelle	Smith et coll., 1979
Dillingham	1630	388	Moyenne annuelle	
Fairbanks	650	155	Moyenne annuelle	
Homer	1630	388	Moyenne annuelle	
Palmer	760	181	Moyenne annuelle	
Seldoria	680	162	Moyenne annuelle	
Ketchikan	1135	270	Moyenne annuelle	Martin, 1978
	660	157	Section avec purgeur	
Seward	985	235	Moyenne annuelle	
	345	85	Section avec purgeur	
Sitka	1600	381	Moyenne annuelle	
	285-380	68-90	Section avec purgeur	
Wrangell	740	176	Moyenne annuelle	
	195	46	Section avec purgeur	
Consommation de référence	420		Consommation prévue à l'étape de la conception	Hammer, 1977

* Les taux de consommation élevés sont très probablement causés par les purges. Toutefois, des défectuosités dans le réseau de distribution ou autres consommateurs d'eau importants peuvent également intervenir.

5. Les purges entraînent l'écoulement d'importantes quantités d'eaux usées. Cette eau usée est froide et diluée, ce qui nuit aux processus physiques, chimiques et biologiques. Martin (1979) rappelle que le gouvernement fédéral américain exige que les usines d'épuration des eaux usées éliminent à 85 p. 100 la DBO et les matières solides en suspension. Même si cela ne pose aucun problème dans le cas d'eaux d'égout normales de 200 mg/l de DBO avec un effluent requis de 30 mg/l, des problèmes peuvent survenir dans le traitement d'eaux diluées de 100 mg/l de DBO, avec un effluent requis de 15 mg/l.
6. Dans les collectivités où se pratique la purge des canalisations, la consommation d'eau abusive va de soi. Soit par habitude, soit par négligence, les purgeurs installés pour éviter le bris des canalisations domestiques sont fréquemment laissés ouverts pendant les mois d'été, alors qu'aucune purge n'est nécessaire.

Dans de nombreuses collectivités qui purgent les canalisations, les réseaux de distribution ont été installés au moment où l'approvisionnement était abondant et relativement peu onéreux. Toutefois, en raison de la croissance des collectivités et du prolongement des réseaux, des quantités importantes d'eau potable sont désormais requises pour maintenir les systèmes en état de fonctionnement (à Mayo, Whitehorse et Dawson City au Yukon, par ex.). Les calculs de rentabilité ne tenaient pas compte du coût du traitement des eaux usées tout simplement parce que, souvent, elles n'étaient pas traitées. C'est encore le cas de localités comme Dawson City, au Yukon, où un nouveau réseau complet de distribution a été installé récemment. Le réseau à canalisation unique avec recirculation est constitué de tuyaux en polyéthylène à poids moléculaire élevé, équipés d'un câble chauffant, pré-isolés et enfouis à faible profondeur, mais les purges d'eau ont été conservées pour prévenir le gel des branchements. Les eaux usées diluées sont déversées sans traitement préalable dans le Yukon (Shillington et coll., 1981; Shillington, 1981).

PURGE DES CANALISATIONS À WHITEHORSE

Le système de purge retenu pour l'étude est celui de Whitehorse au Yukon.

Whitehorse est la capitale du Yukon et c'est le siège des gouvernements fédéral et territorial, de même que celui des plus importantes entreprises du Yukon. La région métropolitaine de Whitehorse comprend la ville de Whitehorse, les subdivisions adjacentes de Riverdale, Hillcrest, Valleyview, Camp Takhini, la zone industrielle de Marwell et les subdivisions de la route de l'Alaska à McRae, Porter Creek et Crestview (voir figure 2). La purge des canalisations est pratiquée dans tout le réseau, à l'exception des subdivisions de Porter Creek et de Takhini Trailer Court, qui bénéficient d'un réseau de canalisations chauffées avec recirculation.

La cueillette des données a été effectuée au cours de deux voyages à Whitehorse en 1975 et 1980. Les travaux effectués au cours de ces deux voyages comprennent une étude des principaux types de purgeurs, l'examen des registres de pompage de l'eau de la bibliothèque du service d'ingénierie de la ville de Whitehorse, et celui des dossiers de la bibliothèque se rapportant au développement progressif et à l'état actuel du réseau de canalisations d'eau et d'égouts de Whitehorse.

Actuellement, Whitehorse s'approvisionne à deux sources: le lac Schwatka et une série de six puits d'eau chaude, dont quatre seulement sont normalement utilisés. Le lac Schwatka est un lac de retenue formé par un barrage construit sur le Yukon par la Commission d'énergie du Nord canadien en 1955-56 (Sack, n.d.). En 1979, la prise d'eau du lac Schwatka (559 mm de diamètre) et la conduite d'amenée pouvaient fournir 2724 l/min (AESL, 1979). Ce débit a été considéré comme suffisant pour répondre à la demande de pointe quotidienne de la ville jusqu'en 1983 (AESL, 1979).

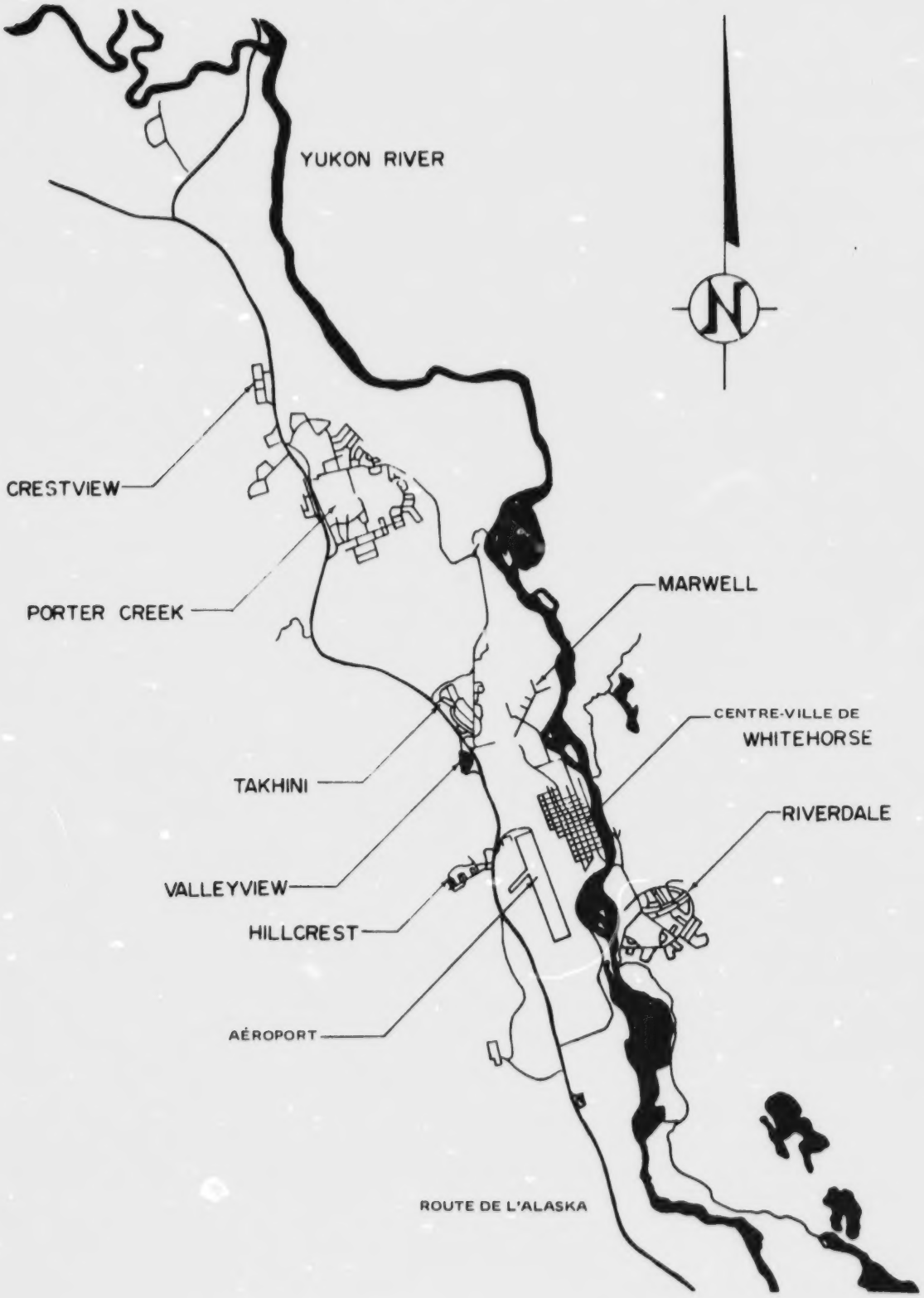


FIGURE 2 RÉGION MÉTROPOLITAINE DE WHITEHORSE

La chloration et la fluoration sont les seuls procédés de traitement appliqués à l'eau provenant des puits ou du lac. La température à la prise d'eau du lac Schwatka est contrôlée quotidiennement et lorsqu'elle tombe sous la limite de 4 °C, on lui ajoute de l'eau de puits plus chaude (5 °C); la température du mélange résultant est maintenue à environ 3 ou 4 °C. L'eau est également réchauffée en divers points du réseau. En 1979, les puits avaient un débit de 7877 l/min (AESL, 1979).

Entre les années 1978 et 1980, la période de réchauffement de l'eau du lac par l'eau de puits a varié entre 7 mois et demi et 9 mois et demi, selon les conditions météorologiques.

Certaines tendances générales sont apparues clairement lors de l'examen des registres de Whitehorse. À l'encontre des agglomérations des zones plus tempérées, les débits les plus importants se produisent en décembre et pendant les six premiers mois de l'année, tandis que les débits de moindre importance se produisent d'août à novembre. Ce cycle correspond approximativement à celui des purges d'eau; il est également en accord avec les relevés de la température du sol effectués par le service d'ingénierie de la ville, indiquant que le gel atteint les plus grandes profondeurs du milieu à la fin du printemps. Le cycle subit des périodes de transition qui sont dues au fait que les purgeurs sont fermés très tard l'été; le pompage des puits en été contribue également à le modifier.

Comme on pouvait s'y attendre à cause de l'accroissement de la population, la consommation globale d'eau s'est accrue à Whitehorse au cours des huit dernières années. Toutefois, la consommation n'a pas augmenté proportionnellement à la population, ce qui peut partiellement s'expliquer par le fait que les nouveaux lotissements sont construits avec des canalisations équipées de câbles chauffants plutôt que de purgeurs d'eau.

Pour ce qui est de l'examen des purgeurs existant à Whitehorse, les renseignements obtenus pour chaque installation de purgeur comprenaient l'emplacement et le type de dispositif (c'est-à-dire la façon dont il était monté et contrôlé), ainsi qu'une brève description du lieu de l'installation. Chaque installation a été photographiée (voir figure 3) et, lorsque cela était possible, des contrôles de températures (température de l'eau et température ambiante), des débits et pressions dans les canalisations, ont également été effectués.

Les purgeurs domestiques les plus courants sont montés tel qu'indiqué à la figure 1, le débit étant réglé par un robinet de décompression ou un robinet-vanne. Les purgeurs sont essentiellement des prises d'eau de 12,7 mm, fixées à une canalisation d'alimentation ou une borne d'incendie. L'eau s'écoule vers le collecteur principal, dans un regard de service, et le débit est réglé par une vanne de type robinet d'arrêt avec un coupe-vide.

Un arrêté municipal de Whitehorse (nº 180), stipule que le débit des purgeurs doit être limité à 1,5 l/min. Toutefois, étant donné que les débits sont réglés manuellement et "à l'oeil", d'importantes variations existent entre les débits des purgeurs. La pose d'un simple robinet de décompression ou d'un robinet-vanne ne permet pas de régler facilement les purgeurs à un débit donné, car il faudrait que le propriétaire mesure précisément le débit. En fait, il suffit d'avoir une montre et un récipient gradué pour obtenir cette mesure mais, pour la plupart des gens, cela pose trop de problèmes. La difficulté de régler avec précision le débit des purgeurs peut également se poser dans le cas des purgeurs installés sur des conduites maîtresses.

Les données sur les débits obtenues lors de l'étude sur les purgeurs sont résumées au tableau 2. Des estimations des volumes d'eau consommée en 1978, obtenues auprès du Service d'ingénierie et calculées d'après les relevés de débits et les registres de population du Service d'hygiène publique, situent la moyenne annuelle de consommation d'eau par personne et par jour à environ 1090 litres. En prenant pour hypothèse une consommation type de 450 litres par personne et par jour dans une localité du Sud (estimation élevée pour Whitehorse qui n'a qu'une faible base industrielle - Reid, Crowther & Partners Limited, 1970), il est permis d'attribuer 640 l/pers./d ou 59 p. 100 de la consommation totale au gaspillage (c'est-à-dire aux purges et aux fuites du réseau).

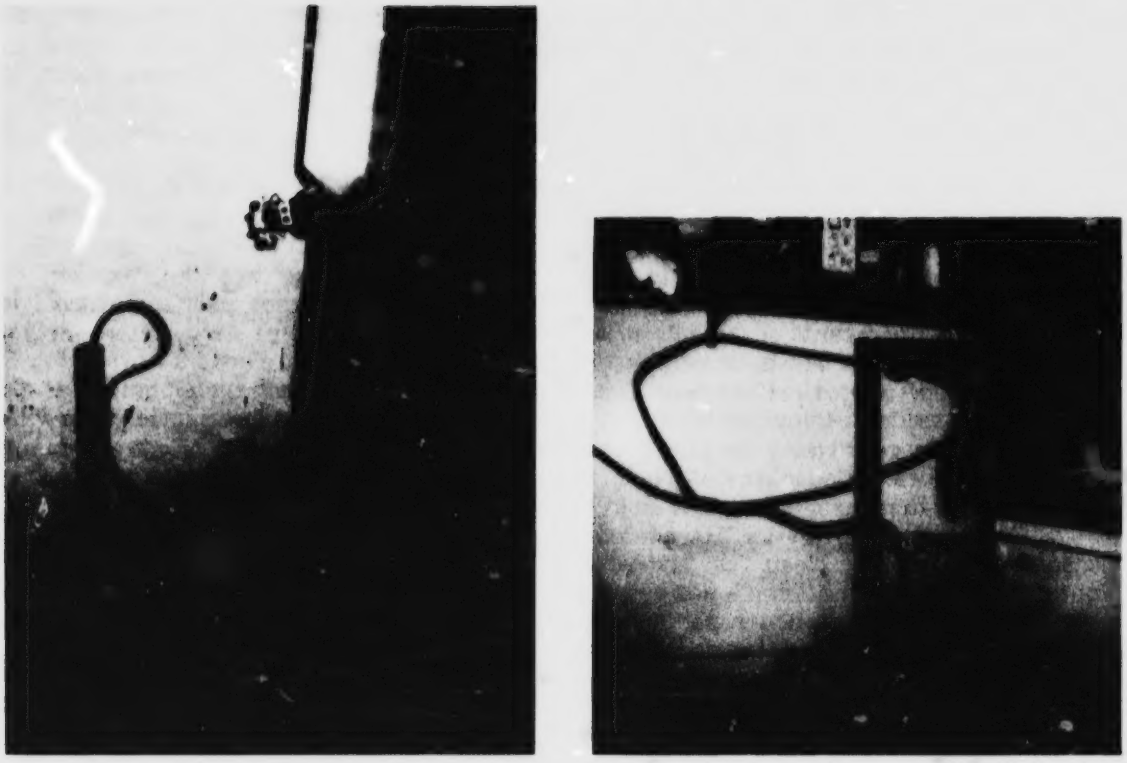


FIGURE 3 INSTALLATIONS TYPES DE PURGEURS À WHITEHORSE

Dans la pratique, l'administration municipale signifie par le biais des journaux et autres médias d'information aux possesseurs de purgeurs qu'ils doivent les ouvrir ou les fermer à tel moment de l'année. Par négligence ou manque de motivation économique de la part des propriétaires, certains purgeurs sont fermés trop tard ou laissés ouverts en permanence. Parce que cela est moins apparent, cette pratique est vraisemblablement courante dans les habitations où les canalisations sont directement branchées sur l'égout.

AUTRES MÉTHODES PERMETTANT D'EMPÊCHER LE GEL DES CANALISATIONS

Suite à une analyse des données sur les systèmes de purge de Whitehorse et une revue des exigences techniques et économiques visant à empêcher les canalisations de geler tout en réduisant le gaspillage d'eau, diverses options autres que les purgeurs ont été examinées. Les critères d'évaluation étaient les suivants:

1. Compatibilité avec l'infrastructure en place. L'installation ne devrait pas nécessiter de modification importante du réseau de distribution.
2. Considérations relatives à l'hygiène publique. Il faut une garantie contre toute possibilité de contamination du réseau d'approvisionnement en eau.

TABLEAU 2 RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE SUR LES PURGEURS DE WHITEHORSE

Type d'emplacement	Débit d'eau dans les purgeurs (l/min)		Nombre d'installations	
	Plage	Moyenne	Inspection	Contrôle de débit
Bâtiments de l'administration municipale	0,32 - 5,23	2,02	5	4
Regards de service	15 - 40	28,3	3	3
Bâtiments commerciaux	0,50 - 4,54	2,43	6	5
Habitations	0,82 - 7,50	3,07	16	14
Établissements publics	0,25 - 20	6,75	7	4
	Moyenne =	5,84	$\Sigma = 37$	$\Sigma = 30$

3. Facilité d'installation, d'exploitation et d'entretien. Idéalement, la pose devrait être rapide et facile, le fonctionnement devrait être automatique ou réglé à partir d'un point central. Toutefois, étant donné que chaque branchement d'un réseau de distribution comprend des purgeurs individuels, cela pourrait se révéler impossible à réaliser sans d'importantes dépenses en capital. De toute façon, l'effort du propriétaire, une fois le purgeur installé, devrait se limiter à ouvrir un robinet ou à actionner un commutateur deux fois par année. L'intervalle entre les périodes d'entretien devrait pouvoir être de plusieurs années.
4. Facilité de fabrication et faible coût du dispositif.

Aux fins du projet, certaines options ont été analysées (Yee et Smith, 1981). Le tableau 3 en donne la liste. Après une évaluation préliminaire, certaines méthodes (nos 1B, 1C, 2B et 2C), n'ont pas fait l'objet de recherches plus approfondies parce qu'elles dépassaient le cadre du projet et à cause de problèmes de coût, d'installation ou d'acceptation par le public. On a également jugé inutile de refaire l'essai en laboratoire des câbles chauffants.

TABLEAU 3 SOLUTIONS PROPOSÉES POUR RÉDUIRE OU ÉLIMINER L'EMPLOI DES PURGEURS DE BRANCHEMENT

Option	Description
	Avec purge
1A	Écoulement continu
1B	Vérifications au hasard avec amendes
1C	Installation de compteurs
1D	Restricteur de débit du purgeur
1E	Robinet de purge à commande par thermostat
1F	Robinet de purge avec minuterie
	Sans purge
2A	Branchement avec câble chauffant
2B	Recirculation dans des tuyaux en plastique
2C	Recirculation dans la résidence adjacente
2D	Réservoir intérieur et recirculation
2E	Remplacement du branchement

Source: Armstrong, B.C. et P.W. Given, "Preliminary Analysis of Alternatives for Upgrading Service Line Water Bleeders", mai 1979.

Après cette évaluation initiale, les dispositifs suivants ont été testés en laboratoire:

1. commande par thermostat;
2. minuterie;
3. plaque à orifice ou réducteur de débit;
4. réservoir de stockage rempli par une conduite de branchement avec purgeur, avant de se vider dans l'égout.

De ces quatre dispositifs, trois reposent sur le principe de la purge intermittente, tandis que la plaque à orifice peut servir à limiter le débit à la valeur minimale désirée.

Une cinquième méthode de purge a été examinée ultérieurement, et elle pourrait avoir des applications industrielles ou commerciales. Il s'agit essentiellement d'un grand réservoir de stockage sous pression, qui se remplit d'eau pendant les périodes de pointe, puis déverse son contenu dans les canalisations maîtresses lorsqu'il y a une baisse de pression dans le réseau.

ÉQUIPEMENT DE LABORATOIRE

La phase d'essai en laboratoire a été menée dans une chambre froide isolée de 1,6 m de largeur, 2,25 m de longueur et 2,13 m de hauteur. Un ensemble de conduites de recirculation en cuivre parallèles, montées sur des supports en bois, a été installé à l'intérieur de la chambre froide (voir figure 4). Une partie des conduites se trouvait à l'extérieur de la chambre froide. En théorie, les températures à l'intérieur de la chambre froide devaient permettre de recréer les conditions souterraines, tandis que la portion des conduites située à l'extérieur de la chambre froide devait simuler les conditions existant à l'intérieur d'un bâtiment chauffé.

Toute la tuyauterie intérieure avait été recouverte d'une épaisse couche de 9,5 mm d'isolant en mousse de polyuréthane et deux couches du même produit avaient été appliquées sur les coudes et les joints. Tous les joints avaient été rendus étanches au moyen d'adhésif de contact ou de ruban étanche.

Lors de l'essai initial, un cycle de recirculation avait été amorcé avec de l'eau puisée dans une cuve maintenue à température constante; cette eau fut pompée dans une conduite en cuivre d'un diamètre intérieur de 25,4 mm, menant directement à la chambre froide. Une fois à l'intérieur, l'eau fut répartie par un collecteur en cuivre dans six conduites en cuivre de 12,7 mm de diamètre intérieur. Les conduites étaient parallèlement disposées en boucle dans la chambre froide, avant d'en émerger. Des robinets-vannes installés sur le collecteur commandaient le débit à l'intérieur de chacune des conduites. À l'extérieur de la chambre froide, un dispositif de réglage de purge différent était installé sur quatre conduites, tandis qu'une cinquième conduite servait de purgeur (étant en purge constante) et qu'une sixième demeurait inemployée.

À l'extérieur de la chambre froide, les six conduites étaient raccordées à une seule conduite en cuivre de 6,3 mm (3,2 mm de diamètre intérieur), se vidant dans un réservoir de retenue en acier inoxydable, isolé et partiellement recouvert. De là, l'eau était pompée dans la cuve à température constante, et le cycle recommençait.

Lors des quatre premiers essais en chambre froide, les quatre dispositifs de réglage de purge installés étaient le dispositif de réglage de température, une minuterie, une plaque à orifice et un réservoir de retenue.

Le dispositif de réglage de température était conçu pour assurer la purge lorsque la température de l'eau dans la conduite de branchement descendait en dessous d'une certaine valeur minimale. Le dispositif comprenait un capteur de température (thermistor) et un solénoïde, reliés par l'intermédiaire d'une plaquette de circuit étalonnée pour déclencher l'ouverture du solénoïde au signal du thermistor (à une température prédéterminée).

En situation réelle, le solénoïde serait placé à l'extrémité de la conduite de purge, le capteur de température sur la conduite de branchement. Dans ce dernier cas, l'emplacement idéal du thermistor (là où il fait le plus froid) se situerait près du bâtiment, mais loin de sa zone d'influence thermique. En laboratoire, le thermistor a été placé à l'intérieur de l'une des conduites de purge, là où elle sort de la chambre froide, tandis que le solénoïde était placé à l'extrémité de sortie de la même conduite. Le solénoïde a été réglé pour rester ouvert en cas de panne d'électricité.

La minuterie devait commander la purge sur une base intermittente. En laboratoire, le dispositif comprenait un solénoïde installé à l'extrémité de l'une des conduites de purge émergeant de la chambre froide; le solénoïde était commandé par une minuterie réglée pour assurer des périodes équivalentes de purge et d'arrêt. Deux minuteries ont été utilisées pendant la période d'essai, un modèle commercial et un modèle fait sur mesure à partir d'éléments modulaires standard.

En théorie, l'intervalle fixé entre les périodes de purge ne devait dépendre que du temps requis pour que la température atteigne 0 °C lorsque l'eau ne s'écoule pas, tandis

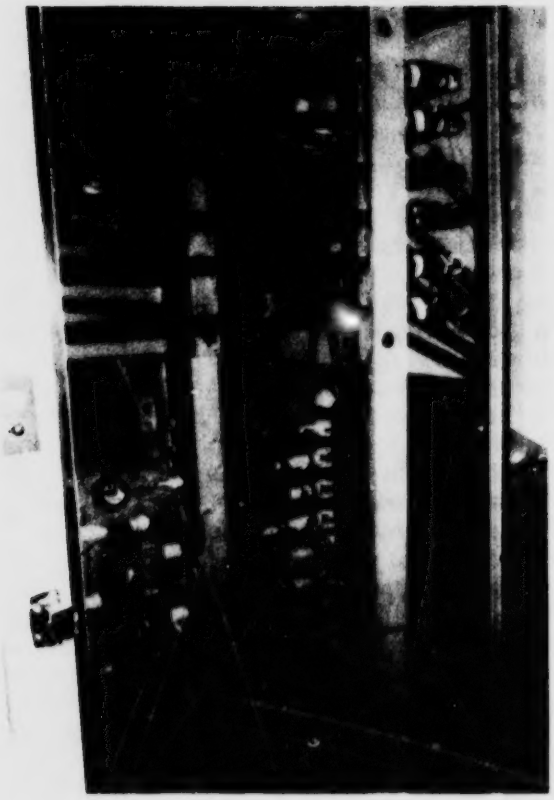


FIGURE 4 TUYAUTERIE À L'INTÉRIEUR DE LA CHAMBRE FROIDE

que la période de purge elle-même ne devait correspondre qu'au temps requis pour remplacer l'eau froide par de l'eau plus chaude provenant de la conduite maîtresse. Dans une situation réelle, compte tenu des limites des minuteries commerciales peu coûteuses, il est plus pratique de fixer des périodes égales de purge et d'arrêt. Mais il faut savoir que le débit de purge dans chaque branchement est alors réduit de 50 p. 100.

À titre de précaution, le solénoïde employé avec la minuterie avait été réglé pour permettre la purge continue en cas de panne d'électricité.

La plaque à orifice a été le dispositif le plus simple vérifié en laboratoire; elle consistait uniquement en une plaque de métal insérée dans un raccord union en laiton de 12,7 mm de diamètre intérieur, lui-même installé dans une conduite de purge pour bloquer l'écoulement. Selon les pressions de la conduite, le diamètre de l'orifice peut être modifié pour contrôler la quantité d'eau purgée.

Le réservoir de vidange était un petit réservoir en acier isolé, relié à un solénoïde à trois voies, fixé à une des autres conduites de purge émergeant de la chambre froide.

Deux détecteurs de niveau à réglage variable furent installés dans le réservoir et reliés à une plaquette de circuit. Sous le premier détecteur de niveau, le circuit actionnait le solénoïde pour laisser couler l'eau de la conduite de purge dans le réservoir. Lorsque le niveau d'eau dans le réservoir atteignait le second détecteur, le circuit déclenchait la fermeture du solénoïde et la vidange du réservoir.

Après avoir testé simultanément les quatre méthodes de purge, on a modifié l'aménagement de la chambre froide pour les besoins d'une cinquième méthode de purge. En situation réelle, un grand réservoir sous pression serait rempli par une conduite de purge pendant les périodes de fortes pressions dans le réseau de distribution (le jour), cette eau étant retournée à la conduite maîtresse pendant les périodes de basse pression (la nuit). Le fonctionnement du réservoir serait commandé par un pressostat relié à deux solénoïdes. Lorsque la charge est forte, le solénoïde normalement ouvert dans l'une des conduites laisse s'écouler l'eau dans le réservoir, à la vitesse normale de purge. Lorsque la pression dans le réservoir atteint un niveau prédéterminé, le pressostat déclenche la fermeture du premier solénoïde et l'ouverture du second, qui est normalement fermé pour permettre la vidange du réservoir via la conduite de retour dans la conduite de branchement, puis la conduite maîtresse.

Ce mode de fonctionnement a été légèrement modifié pour les expériences en laboratoire. Étant donné que la pompe de circulation fonctionnait continuellement, pendant les périodes de vidange, on s'est permis de laisser l'eau du réservoir sous pression s'écouler dans un réservoir de retenue en acier, placé à l'extérieur de la chambre froide.

Au cours des essais en laboratoire, des données sur la température, la pression et le débit ont été recueillies. Les données de température ont été recueillies à l'aide de thermocouples de type T (cuivre et constantan). À l'aide de raccords hydrauliques en T, un thermocouple a été placé dans chaque tuyau près de l'extrémité de sortie, mais à l'intérieur de la chambre froide. Afin d'assurer l'étanchéité du dispositif, le capteur de chaque thermocouple a été recouvert d'un ruban en caoutchouc butyle auto-collant, et scellé avec une couche d'enduit au silicone et une couche de ciment époxyde. Cela a entraîné un léger retard dans les lectures de température, mais il était essentiel que le dispositif soit imperméable à l'eau. Au cours d'essais ultérieurs, les raccords hydrauliques en T ont été remplacés par un connecteur mâle de 6,3 mm x 3,2 mm à filetage NPT, soudé à l'intérieur de la conduite.

Les valeurs de pression dans les conduites ont été obtenues à l'aide de transducteurs de pression reliés à chaque conduite par l'intermédiaire de branchements en cuivre de 6,3 mm. Ceux-ci étaient placés immédiatement à l'extérieur de la chambre froide et n'étaient pas isolés.

Les débits dans le réseau ont été mesurés au moyen de compteurs d'eau modifiés. Les modifications comprenaient l'addition d'un dispositif fixé sur le devant de chaque débitmètre, captant les impulsions magnétiques produites par chaque révolution du cadran indicateur. Un convertisseur de signal était également utilisé pour transformer les impulsions magnétiques en valeurs de tension. Finalement, chaque cadran fut équipé d'un dispositif mécanique d'affichage cumulatif de débit.

Toutes les informations fournies par les divers types d'instruments étaient acheminées vers l'enregistreur automatique de données Fluke 2240 B, programmé pour produire des imprimés pour tout intervalle de 1 seconde à 24 heures (voir figure 5). Les lectures de débit et de pression, d'abord fournies en valeurs de tension, devaient ensuite être converties manuellement en leurs unités représentatives; une option spéciale de l'enregistreur de données permettait d'obtenir une lecture des températures directement en degrés Celsius. L'étalonnage des transducteurs de pression était effectué à l'aide d'un manomètre en lb/po^2, tandis que les courbes d'étalonnage des débitmètres (en gal US/min), ont été établies à partir d'une série d'essais chronométrés sur chaque compteur.

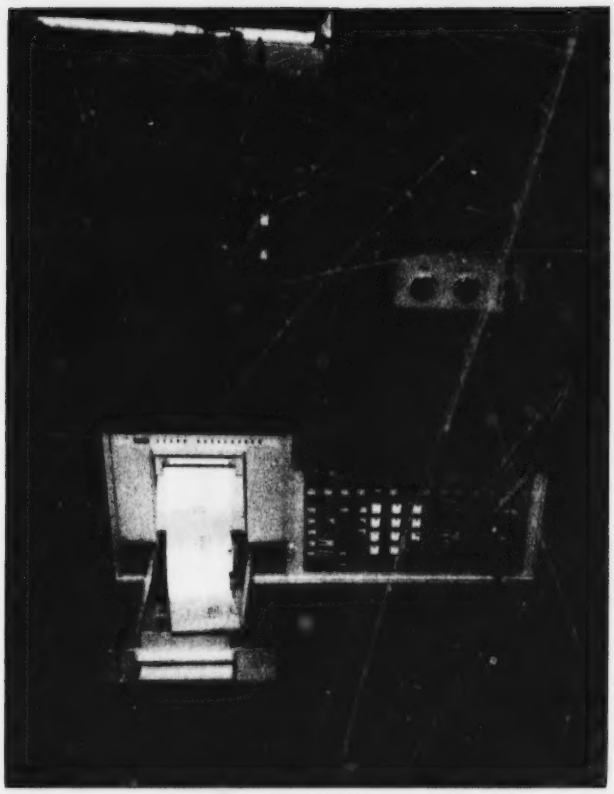


FIGURE 5 ENREGISTREUR AUTOMATIQUE DE DONNÉES FLUKE 2240 B

RÉSULTATS

Après avoir réglé certaines difficultés techniques, les essais en laboratoire ont commencé en octobre 1980. Le but premier des essais était double. Il s'agissait de:

1. déterminer quelles méthodes seraient inefficaces dans les pires conditions simulées, et de
2. déterminer les économies nettes d'eau, le cas échéant, réalisées grâce à un dispositif quelconque, comparativement au purgeur classique.

Les effets isolants de l'enfouissement à des profondeurs normales ont été simulés en recouvrant les conduites de mousse isolante. L'isolation a également servi à atténuer le cycle de température de l'équipement de réfrigération dans la chambre froide. Toutefois, comme la quantité d'isolant pouvant être appliquée est limitée en pratique, l'effet d'inertie de la température typique de l'enfouissement classique (le gel met un certain nombre de mois à pénétrer à une profondeur donnée), n'a pu être simulé. D'ailleurs, on ne le souhaitait pas car les essais en laboratoire auraient demandé trop de temps.

Les commandes de la chambre froide furent réglées à des valeurs maximales, car on a estimé que cela constituerait un facteur de sécurité au moment d'appliquer les résultats obtenus en laboratoire à une situation réelle. Il est peu probable que les

températures du sol aux profondeurs d'enfouissement habituelles atteignent - 25 °C pour de longues périodes. Les données pédologiques compilées par le Service d'ingénierie de la ville de Whitehorse indiquent des températures minimales du sol à 0,1 m d'une conduite d'eau de seulement 0,5 °C.

Chaque essai débutait par la mise en marche de la pompe, qui actionnait le système de recirculation d'eau et abaissait simultanément les commandes de température dans la chambre froide. Les imprimés de l'enregistreur de données étaient livrés à cinq minutes d'intervalle pendant la première ou les deux premières heures puis à dix, quinze ou vingt minutes d'intervalle.

Les dispositifs utilisés lors des essais 1 à 4 comprenaient le dispositif de réglage de température, la minuterie commerciale, le réservoir de vidange et la plaque à orifice. Les profils de température obtenus pour ces essais apparaissent à la figure 6.

Lors du premier essai, la commande du dispositif de réglage de température avait été réglée à 0,5 °C: le dispositif n'a pas fonctionné tant que la glace n'a pas bloqué le tuyau. Lors du deuxième essai, le capteur devait se mettre en marche à 1 °C mais une fois de plus, le solénoïde est resté fermé jusqu'à ce qu'une rupture thermique se produise dans la conduite. Pour la troisième essai, le capteur a été réglé à 2 °C: le solénoïde s'est ouvert quelque 25 minutes après la mise en marche des refroidisseurs dans la chambre froide. Seule l'eau qui se trouvait à proximité du thermistor s'est écoulée; toutefois, lorsque le solénoïde s'est ouvert, des obstructions s'étaient déjà produites ailleurs dans le tuyau. Enfin, lors du quatrième essai, le dispositif de température a été réglé à 3 °C: le solénoïde s'est ouvert après 20 minutes. Par la suite, les purgeurs ont fonctionné à débit maximal.

On suppose que la défaillance constatée lors des trois premiers essais s'explique par le fait que, lorsqu'une conduite située à l'intérieur de la chambre froide est saturée d'eau dormante, il se forme suffisamment de glace pour l'obstruer avant que la température de l'eau en contact avec le capteur ait assez baissé pour déclencher l'ouverture du solénoïde.

La principale difficulté à surmonter avec ce dispositif semble être le choix de l'emplacement du capteur de température sur la conduite. Si le thermistor était placé au point le plus froid de la conduite, il serait sans doute possible d'éviter le gel en réglant la température de déclenchement du dispositif à un demi-degré Celsius, ou moins, du point de congélation. Toutefois, si l'emplacement critique ne peut être déterminé avec précision, ou si la pose du capteur à cet endroit n'est pas pratique, il semble que la température du déclenchement doive être élevée pour que le dispositif de réglage de température fonctionne correctement. De plus, si le dispositif doit être réglé à une température qui se rapproche de celle de l'eau du robinet, la purge, une fois amorcée, serait continue et en hiver, l'action du dispositif équivaudrait à celle d'un purgeur classique, conformément aux résultats du quatrième essai.

Lors de l'essai n° 1, les capteurs de niveau ont été réglés de façon à permettre l'écoulement de 2,8 litres (plus de trois fois la quantité d'eau contenue dans la conduite), dans le réservoir de vidange. La durée de vidange pour cette quantité d'eau a été de cinq minutes, tandis que le remplissage s'est fait en huit secondes. Le dispositif a fait défaut à peu près 103 heures après le début de l'essai. La défaillance éventuelle du procédé avait été annoncée par des coups de bélier de plus en plus forts (indiquant une obstruction croissante de la conduite par la glace), à mesure que se poursuivait l'essai. Lors du deuxième essai, les capteurs de niveau ont été réglés pour assurer deux cycles de vidange et de remplissage 285 secondes et sept secondes respectivement. Cette fois, le dispositif est tombé en panne après 143 heures de fonctionnement. On a une fois de plus observé une intensité croissante des coups de bélier. Lors du troisième essai, le dispositif a été réglé pour assurer la vidange en 270 secondes et le remplissage en six secondes. La défaillance s'est produite après 131 heures. Enfin, lors du quatrième essai, les durées de remplissage et de vidange du réservoir ont été réglées respectivement à cinq secondes et quatre minutes. La défaillance s'est produite après 153 heures de fonctionnement.

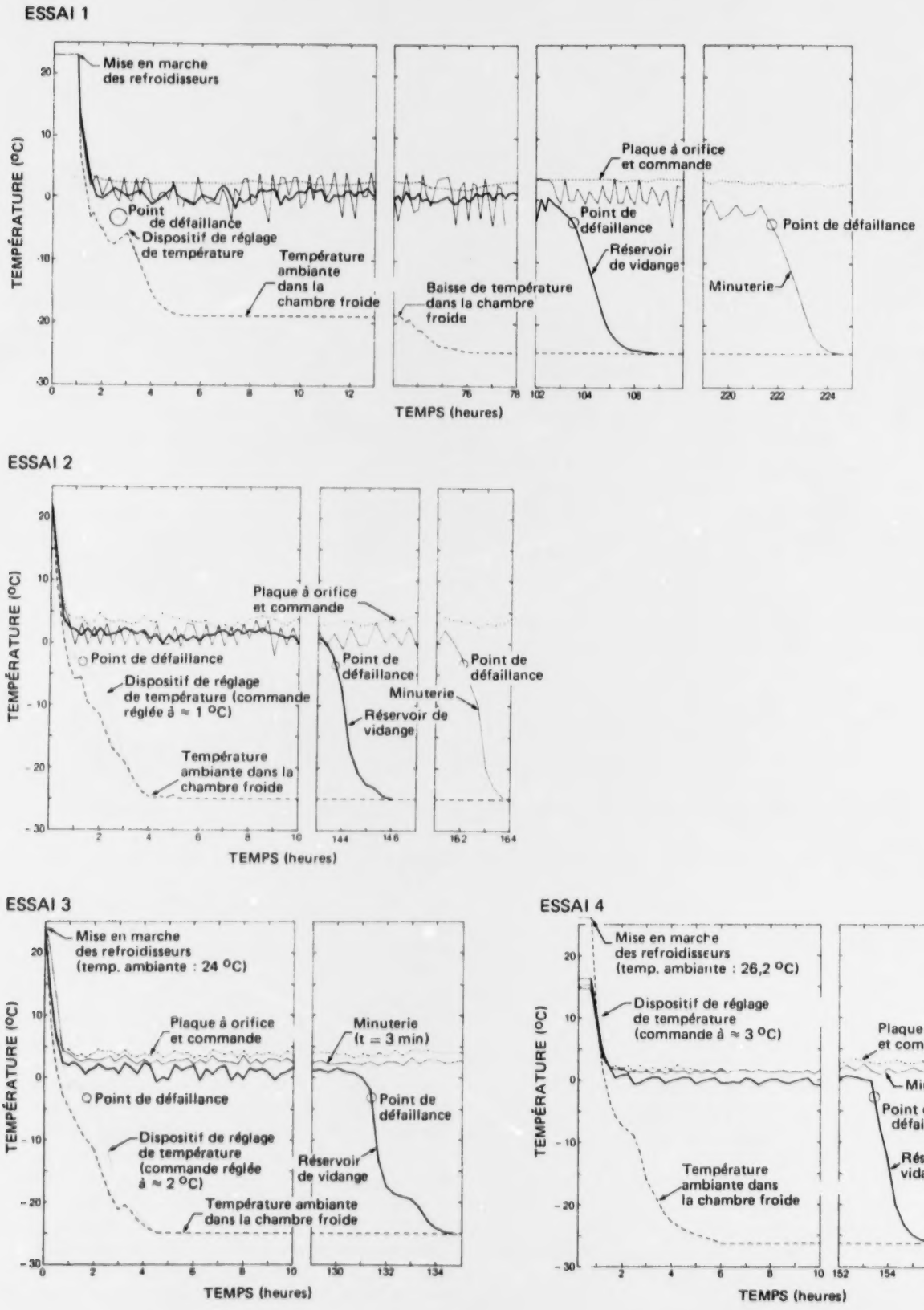


FIGURE 6 PROFIL DE TEMPÉRATURE DES ESSAIS EN LABORATOIRE NOS 1 À 4

Le fonctionnement défectueux du réservoir de vidange lors des quatre essais peut être attribué au fait que, avec les conditions thermiques quasi permanentes prévalant dans la chambre froide, les périodes de stagnation de l'eau étaient suffisantes pour permettre la nucléation de glace dentritique. De plus, les périodes d'écoulement correspondantes n'étaient pas suffisamment longues pour évacuer toute la glace et, éventuellement, l'accumulation a été suffisante pour bloquer complètement la conduite.

L'exigence critique pour ce dispositif est qu'il faut, après une période de stagnation, remplacer toute l'eau de la conduite pendant que le réservoir se remplit. Lorsque de la glace s'est formée dans la conduite, la chaleur totale transmise au tuyau par l'eau qui y pénètre doit être suffisante pour faire fondre la glace et empêcher une nouvelle nucléation pendant la période de stagnation. De plus, la pression dans la conduite maîtresse doit être assez élevée pour que l'écoulement reprenne dès que le solénoïde est rouvert, surtout s'il s'est produit un refroidissement suffisant pour permettre la formation de glace annulaire.

La période pendant laquelle le réservoir se vide et l'eau ne circule pas dans la conduite, ne doit pas dépasser la période requise pour la formation de glace dendritique dans la conduite. Lors des essais en laboratoire, ces périodes ont été maximisées parce que le réservoir n'était pas pressurisé et que la vidange se faisait gravitairement.

Lors du premier et du deuxième essais de la minuterie, un dispositif commercial comportant un cycle de 15 minutes d'arrêt/15 minutes de fonctionnement a été utilisé. Il a cessé de fonctionner après 221 heures lors du premier essai, après 162 heures lors du deuxième. On a supposé que de la glace se formait dans la conduite après avoir observé les délais de plus en plus longs pour obtenir une purge complète après l'ouverture du solénoïde. Pour les essais 3 et 4, on a fabriqué une minuterie électronique à réglage variable. Elle a été réglée pour un cycle de trois minutes de fonctionnement/trois minutes d'arrêt. La minuterie électronique a fonctionné correctement lors des deux essais et on a observé un débit maximal de purge (0,75 et 0,68 l/min, respectivement), à chaque ouverture du solénoïde.

La minuterie n'a pas fonctionné pendant les deux premiers essais, à cause du modèle utilisé. En laboratoire, une période de stagnation de 15 minutes suffisait à permettre la formation de glace dans la conduite. Par la suite, la glace a continué de s'accumuler jusqu'à bloquer complètement l'écoulement. Toutefois, avec la deuxième minuterie, le refroidissement du tuyau pendant une période de stagnation de trois minutes n'était pas suffisant pour entraîner la formation de glace dendritique: dès l'ouverture de la vanne, il se produisait une purge complète. Ce résultat avait pu être anticipé au moyen de calculs de transfert de chaleur permanent.

Afin d'assurer un fonctionnement optimal de ce dispositif, la période de stagnation devrait être suffisamment longue pour que la température descende, en un point critique de la conduite, juste au-dessus du point de congélation. La période de purge devrait alors être suffisante pour permettre de remplacer la totalité de l'eau contenue dans la conduite par de l'eau plus chaude provenant de la conduite maîtresse. Il est possible de régler le fonctionnement du solénoïde selon un tel cycle au moyen d'une minuterie à réglage variable, comme celle qui a été utilisée lors des essais 3 et 4.

La plaque à orifice a été le seul dispositif à fonctionner correctement pendant les quatre essais. Lors des trois premiers essais, la plaque a été le seul dispositif pour lequel les débits et les pressions n'ont pas varié de façon importante, par rapport à leur moyenne respective de 1,8 l/min et de 415 kPa. Au cours du quatrième essai, dans le but de réduire la vitesse de purge sans changer la dimension de l'orifice, un manodétendeur à réglage variable a été acheté chez un distributeur local. Cet appareil a été installé sur la conduite de 12,7 mm juste devant la plaque, ce qui a permis de réduire le débit de purge net à 1,45 l/min.

Avec la plaque à orifice, le branchement reçoit un apport continu d'eau et donc de chaleur, et il ne reste qu'à assurer un débit suffisant pour empêcher la nucléation de la glace en un point critique de la conduite. Le débit dans une conduite peut être contrôlé en ajustant deux facteurs: la dimension de l'orifice et la pression à l'intérieur de la conduite. Un troisième facteur, la dimension de la conduite, peut aussi être modifié mais la tâche peut s'avérer un peu plus difficile que dans les deux premiers cas.

En situation réelle, la pose d'une plaque à orifice permettrait de régler le débit de purge et l'usager n'aurait qu'à ouvrir complètement le robinet-vanne ou le robinet de purge pour la durée de l'hiver, et à le fermer en été. Dans les endroits où l'ensablement des conduites pose un problème, l'orifice pourrait être agrandi si un manodétendeur préréglé était installé dans la conduite en amont de la plaque. Ainsi, la conduite de purge ne pourra pas se boucher et il ne faudra que nettoyer périodiquement la crépine dans le détendeur. L'utilisation d'un détendeur devrait également entraîner des économies additionnelles d'eau, car si la plaque à orifice est utilisée seule, elle devra être réglée en fonction d'un débit minimal pendant les périodes de basse pression et, par conséquent, laissera passer un débit plus important pendant les périodes de haute pression.

Pour les essais 5 et 6, l'aménagement du laboratoire a été modifié en vue de tester le réservoir de vidange. Aucune panne n'est survenue pendant les dix jours d'essai; les profils de température du dispositif apparaissent à la figure 7. La quantité moyenne d'eau soutirée à chaque essai a varié entre 63 et 68 litres, avec des durées de remplissage et de vidange respectives de 13 à 14 minutes et de 2 à 2 minutes et 15 secondes.

Il semble y avoir un certain nombre de problèmes associés au réservoir sous pression, lorsque l'eau retourne vers la conduite maîtresse. Un de ces problèmes est la dimension du réservoir requis. Pour une vitesse de décharge de 1,5 l/min, par exemple, et un fonctionnement d'environ 14 heures (soit de 18 h à 8 h), le volume d'eau soutiré sera de 1260 l. Un espace additionnel devra également être prévu pour un ballon ou un autre mécanisme de poussée. Un ballon occuperait en fait la quasi totalité de l'espace dans un réservoir normal. De plus, il faut tenir compte du volume d'eau qui ne sera pas soutiré; car la vidange ne se poursuivra que jusqu'à ce que l'équilibre entre la pression du réservoir et celle de la conduite maîtresse soit atteint.

Actuellement, il n'existe pas sur le marché de réservoirs pressurisés de plus de 545 l. Selon le rapport stockage/vidange, un tel réservoir, avec un débit de soutirage de 1,5 l/min, serait probablement suffisant pour une période de vidange de 4 ou 5 heures. Les réservoirs de plus grande dimension doivent être fabriqués sur commande (Westburne, 1981; Bartle & Gibson, 1981).

L'autre problème associé à l'installation sur place concerne le mécanisme de commande. Avec un pressostat pour contrôler la pression interne dans le réservoir, le débit d'entrée devra être ajusté avec précision, pour assurer que le réservoir fonctionne pendant les périodes de temps requises. Si la pression dans le réservoir augmente au point de déclencher prématurément la vidange, il peut se produire une stagnation à une période critique de la nuit; un réservoir de plus grande capacité permettrait d'éliminer ce risque. Même si le pressostat était installé sur la conduite de branchement, il y aurait quand même un problème, le cycle de pression diurne dans le réseau d'alimentation n'étant pas entièrement fiable. Des chutes de pression dans la conduite, si on utilise les bornes d'incendie par exemple, peuvent également déclencher la vidange prématurée du réservoir et entraîner une stagnation de l'eau pendant les périodes critiques.

Pour éliminer totalement les purges, il faudrait idéalement remplir le réservoir de 1260 l d'eau pendant le jour, lorsque la demande normale et l'eau qui entre dans le réservoir protègent contre le gel la conduite de branchement, et retourner la même quantité d'eau à la conduite maîtresse pendant la nuit. L'utilisation d'un pressostat comme mécanisme de commande ne semble pas très pratique, car ce dispositif dépend trop étroitement d'un cycle de pression diurne constant.

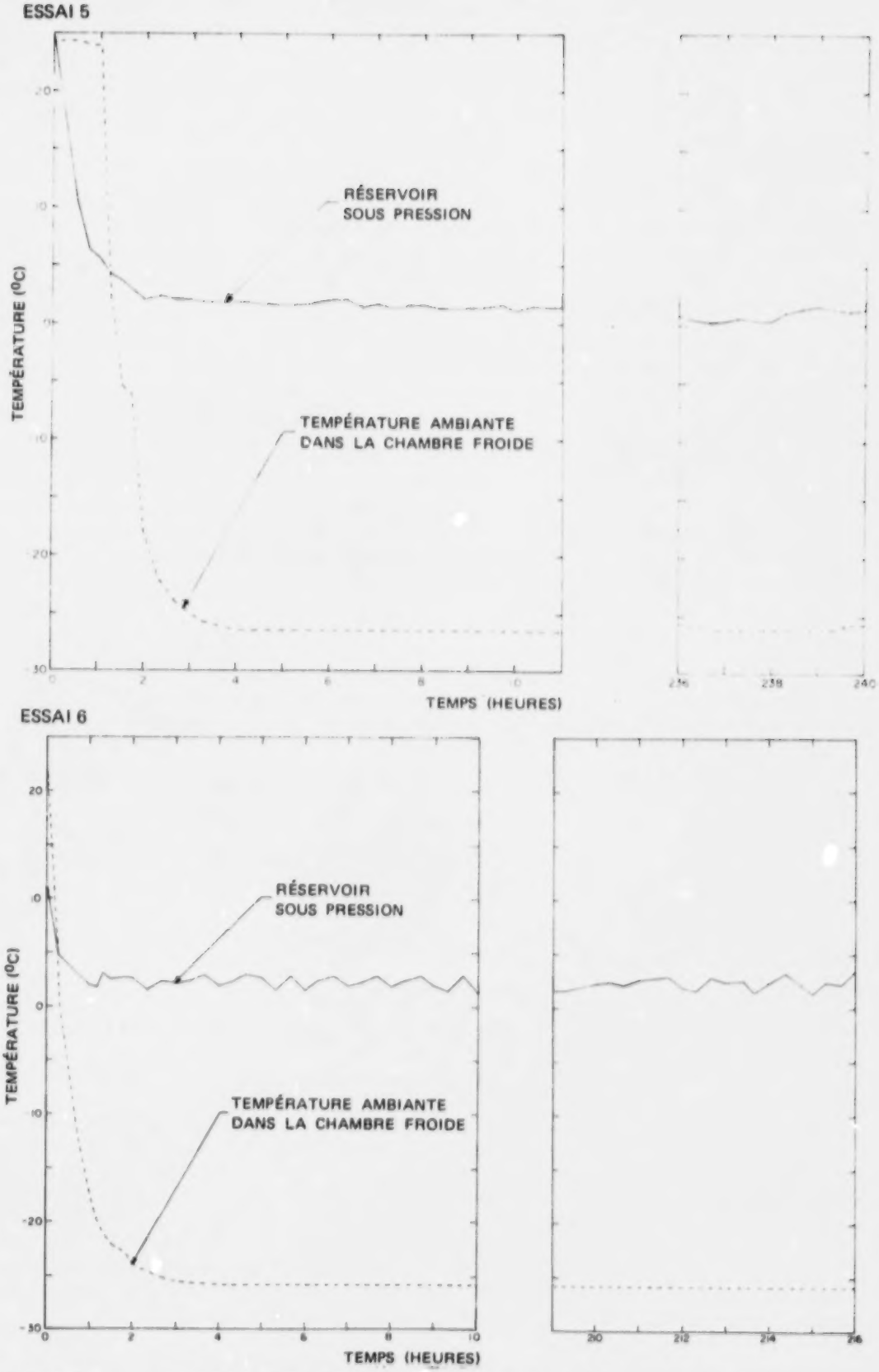


FIGURE 7 PROFILS DE TEMPÉRATURE DES ESSAIS EN LABORATOIRE Nos 5 - 6

TABLEAU 4 ÉVALUATION DES COÛTS ET COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE PURGE POUR CONDUITE DE BRANCHEMENT

Dispositif	Composantes	Coût initial (capital + installation) ($)	Eau purgée (l/an)	Consommation d'électricité (kWh/an)
1. Plaque à orifice	plaque à orifice et raccord union	5	393 120	0
	manodétendeur	50		
	installation	20		
		Σ = 75		
2. Minuterie	minuterie	100	202 920	54,5 (consommation moyenne de 12 W)
	solénoide	50		
	installation	20		
		Σ = 170		

Coût du dispositif = coût initial (capital + installation) + valeur actualisée des coûts annuels (énergie + eau).

Pour la plaque à orifice et la minuterie, le point d'équilibre des coûts d'approvisionnement en eau potable et d'évacuation des eaux usées sera de $1,73/m^3, c'est-à-dire qu'au-delà de ce montant, la minuterie est plus économique que la plaque à orifice.

Hypothèses:

1. On suppose un tarif horaire de $20 pour l'installation.
2. Pour une purge continue, on suppose 182 jours à 1,5 l/min.
3. Pour les purgeurs intermittents, on suppose des périodes de purge et d'arrêt de 132 s et 126 s, respectivement.

   Base des calculs:
   a) calcul en régime permanent de la baisse de température dans une conduite de branchement non isolée d'une longueur de 22,8 m, de 15,9 cm de diamètre extérieur, enfouie à 1,8 m de profondeur, la température à l'extérieur de la conduite étant de -1 °C et le débit de 1,5 l/min;
   b) calcul en régime permanent pour un tuyau sans débit, pour atteindre la température calculée ci-dessus à partir d'une température initiale de 3 °C;
   c) le temps que met l'eau à s'écouler dans un tuyau de 22,8 m de long et de 15,9 cm de diamètre à raison de 1,5 l/min, et
   d) une marge de sécurité de 15 % pour la période de purge requise calculée.
4. Coût de l'électricité = 10 ¢/kWh
5. Taux de rendement à 10 % pendant 20 ans.

$$\text{Coefficient d'actualisation} = \frac{(1+i)^n - 1}{i\,(1+i)^n} = 8{,}5136$$

Une des façons de contourner ce problème consisterait à utiliser une minuterie, mais il faudrait encore contrôler attentivement le débit d'eau entrant dans le réservoir. Si la durée de remplissage était fixée à une valeur plus élevée que celle requise pour remplir le réservoir pendant le jour, une vidange continue vers la conduite maîtresse serait assurée pendant la nuit, mais des périodes de stagnation pourraient survenir dans la conduite de branchement pendant la période de remplissage, si le réservoir était déjà plein et que la demande dans le bâtiment soit nulle. Par conséquent, il faudrait prévoir dans ce cas un réservoir de plus grande capacité et une vitesse de soutirage plus élevée. Il importerait également de prévoir certains dispositifs auxiliaires de protection contre le gel en cas de panne d'électricité.

Il serait plus pratique encore d'utiliser le réservoir sous pression comme purgeur intermittent. Cela permettrait de surmonter le problème de la lenteur de la vidange du réservoir de retenue testé en premier lieu, qui était due au mécanisme par ballon. Toutefois, il faudra encore utiliser un dispositif de réglage du débit en raison du fort débit net de purge (63 l pour un cycle de remplissage/vidange de 13 et 2 minutes).

Le tableau 4 donne, à des fins de comparaison, une analyse approximative de rentabilité de la plaque à orifice et de la minuterie à réglage variable. Tous les coûts ont été calculés en dollars actuels pour une période de comparaison de 20 ans, à un taux de rendement de 10 p. 100. Le coût réel des équipements a servi de base aux estimations de capital, le cas échéant. Dans le cas de la minuterie à réglage variable, le coût réel du modèle mis à l'essai en laboratoire était de $140, mais le personnel technique qui l'a fabriqué a estimé qu'un dispositif comparable pourrait coûter la moitié ou les 2/3 de ce prix. Les autres hypothèses et conditions sont mentionnées dans le tableau.

Aux fins de la présente étude, les deux dispositifs ont été comparés sur la base d'un service d'eau et d'égout entièrement défrayé par les consommateurs, ce qui n'est pas le cas à Whitehorse, par exemple, quoique l'usager devra éventuellement payer (soit en taxes municipales plus élevées ou en coûts plus élevés pour d'autres services municipaux), afin de maintenir le système opérationnel.

L'analyse a été effectuée sur cette base en raison des difficultés à évaluer certains des coûts indirects des réseaux de canalisations d'eau et d'égouts. Néanmoins, on estime que ces calculs fournissent une indication des coûts relatifs de chaque dispositif.

D'après les données du tableau, la minuterie devient aussi rentable que la plaque à orifice à un coût des services d'eau et égout de $1,73/m^3. Notons que la ville d'Edmonton, avec une consommation d'eau comparable (68 000 l/mois), faisait payer $7,26/m^3 à ses abonnés domestiques en 1981.

MODÉLISATION PAR ORDINATEUR

Au cours de cette phase du projet, on a tenté de déterminer l'effet qu'aurait la réduction du débit des purgeurs dans une section du réseau de distribution d'eau à Whitehorse. L'étude a donc été réalisée à partir d'un modèle exclusif d'analyse d'un réseau de canalisations (Hydrotherm) mis au point par l'Associated Engineering Services Limited à Edmonton. Un progiciel de données thermiques a été ajouté au modèle Hydrotherm pour simuler le rendement des canalisations non isolées dans un sol gelé et dégelé. Il s'agissait essentiellement de modifier les équations élémentaires du transfert de chaleur en régime permanent se rapportant au débit des canalisations. Dans les calculs en régime permanent, on ne tient généralement pas compte des effets de la chaleur latente du contenu des canalisations.

L'analyse informatisée a été effectuée dans le centre-ville de Whitehorse pour les raisons suivantes:

1. Le centre-ville de Whitehorse est la partie la plus ancienne de la ville et son réseau de distribution d'eau est le mieux établi. Cette partie de la ville comporte le meilleur éventail d'utilisations des terres et on trouve des systèmes de purge dans les habitations, entreprises commerciales et établissements publics.
2. L'information était plus facile à obtenir pour cette partie du réseau de distribution. En effet, bien qu'il a été impossible de se procurer des cartes de la viiie avec courbes de niveau auprès du service d'ingénierie de la ville de Whitehorse, on a pu obtenir des relevés de pression pour les bouches d'eau du centre-ville, ce qui a permis de déduire les hauteurs de refoulement nécessaires comme données d'entrée du programme Hydrotherm. De même, la ville possédait des relevés récents de température du sol. Toutefois, au moment de l'étude, des thermocouples n'avaient été installés qu'à certains endroits du centre-ville et du secteur Riverdale.
3. Pour une analyse de réseau, le centre-ville de Whitehorse était une zone bien définie qui ne comportait que deux canalisations d'alimentation et une canalisation d'évacuation.

Le réseau de canalisations a été établi d'après les plans du réseau d'eau et d'égouts de la ville de Whitehorse. Plutôt que de simplifier le réseau en remplaçant une série de petits tuyaux par une conduite plus grande, comme c'est le cas dans la plupart des analyses hydrauliques, l'ensemble du réseau a été étudié tel quel, jusqu'aux branchements. Le réseau à l'étude comptait donc 146 conduites et 124 points de jonction. La longueur des conduites a été mesurée d'après les plans du réseau, tandis que les diamètres intérieurs ont été déterminés à l'aide des plans et de tables fournissant les dimensions nominales des tuyaux pour le matériau considéré. La profondeur d'enfouissement n'étant pas toujours connue, on a retenu une seule estimation prudente de 1,5 m pour l'ensemble du réseau. Comme les données pédologiques concernant le centre-ville étaient également rares, on s'est appuyé sur les données concernant les secteurs environnants pour reconnaître au sol gelé et au sol dégelé des valeurs de conductivité de 4,1 et 3,2 W/m-°K.

Après avoir vérifié le fonctionnement du programme, un ensemble de 20 essais a été entrepris. On a fait varier les débits du réseau de 20 à 100 p. 100 du débit moyen normal par tranches de 20 p. 100, et les températures ambiantes des canalisations de 0 °C à -6,7 °C par tranches de 2,2 °C, dans le but d'obtenir des informations sur l'incidence des réductions de débit dans le réseau et les baisses de température du sol. La température de l'eau pénétrant dans les canalisations du réseau a été fixée à 3,3 °C.

Les résultats de l'analyse Hydrotherm ont indiqué que des sections de canalisation gelaient pour toutes les valeurs de débit à -2,2°, -4,4° et -6,7 °C. Dans le but de définir avec plus de précision les températures critiques, des essais additionnels ont été effectués à des températures ambiantes dans les canalisations de -1,1° et -0,6 °C. Une fois de plus, pour tous les débits, les résultats ont indiqué le gel des canalisations. Une dernière série d'essais par ordinateur a alors été effectuée à une température de 0,6 °C. Les résultats ont montré que la majorité des températures à l'intérieur des canalisations se rapprochaient étroitement de cette valeur.

CONCLUSION

D'après les travaux en laboratoire, les deux dispositifs mis à l'essai et considérés comme techniquement applicables sont la plaque à orifice et la minuterie à réglage variable. Utilisée seule, la plaque à orifice permettrait de limiter le débit de purge continue à une valeur minimale établie, sans intervention de l'opérateur du purgeur. Les problèmes associés à l'ensablement des canalisations pourraient être évités et des économies d'eau plus importantes pourraient être réalisées si la plaque à orifice était installée avec un manodétendeur sur un branchement vertical du purgeur.

La minuterie à réglage variable, par contre, permet de réaliser des économies d'eau plus importantes puisque la purge est intermittente.

D'après une comparaison de la valeur actualisée des deux dispositifs dans l'hypothèse d'une durée de vie utile de 20 ans, la minuterie semble être le plus rentable des deux dispositifs, essentiellement en raison de la quantité d'eau économisée.

Les résultats de la modélisation ne sont pas aussi précis que ceux du laboratoire. Fondés essentiellement sur la théorie du réseau en régime permanent, ces résultats indiquent que, dans le centre-ville de Whitehorse, les canalisations gèleront à des températures extérieures du sol inférieures à 0 °C. Les résultats semblent également indiquer que les débits à l'intérieur du réseau n'ont qu'une incidence mineure sur les défaillances thermiques des canalisations.

Ces résultats ne peuvent pas être considérés comme concluants en raison de certaines incertitudes relativement aux hypothèses adoptées et aux équations utilisées pour l'analyse. Dans le premier cas, elles comprennent les débits moyens, la profondeur d'enfouissement des canalisations et les conductivités thermiques réelles du sol. Dans le deuxième cas, il s'agit de l'applicabilité des approximations en régime permanent à d'autres conditions, et des effets de la chaleur latente de l'eau, qui n'ont pas été pris en considération.

On a estimé que les résultats de la modélisation par ordinateur étaient conservateurs et que les températures réelles de l'eau seront un peu plus élevées que prévu. Aux débits considérés, il semble également que des réductions du débit de purge n'influeront pas de façon importante sur les conditions thermiques à l'intérieur du réseau.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alter, A.J. (1950), Arctic Sanitary Engineering, Federal Housing Administration, Washington, D.C., 106 pages.

Alter, A.J. (1979), "Support Systems State of the Art Review", Proc. of the Conf. on Applied Techniques for Cold Environments, Cold Regions Specialty Conference, Anchorage, Alaska, 17-19 mai 1978, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 742-774.

Associated Engineering Services Limited (1963a), Preliminary Report to the Government of the Yukon Territory on Water and Sewer Services, Porter Creek Subdivision, Whitehorse, Y.T., Edmonton, Alberta, 22 pages.

Associated Engineering Services Limited (1963b), Report to Commissioner Government of the Yukon Territory on Feasibility of a Joint Water Supply Camp Takhini - Porter Creek, Edmonton, Alberta, 35 pages.

Associated Engineering Services Limited (1967), "Report to City of Whitehorse on Water and Sewer Facilities 1967", Edmonton, Alberta, 35 pages.

Associated Engineering Services Limited (1969), "Report to Department of Engineering and Municipal Affairs Government of the Yukon Territory on Water Supply for Porter Creek", Edmonton, Alberta, 40 pages.

Associated Engineering Services Limited (1979), "City of Whitehorse Yukon Territory Waterworks, Sewage & Roadways Engineering Analysis and Capital Works Budget 1979", 1984, Edmonton, Alberta, 82 pages.

Balmer, P. (1980), "Swedish Experience with Wastewater Treatment with Special Reference to Cold Climates", Proc. Int. Assoc. on Water Pollution Research Post Conf. Seminar - PS4 Design of Water and Wastewater Services for Cold Climate Communities, Edmonton, 28-29 juin 1980, Pergamon Press Ltd., London, 155-164.

Bartle & Gibson Co. Ltd. (1981), Plumbing supply wholesaler. Pressure tanks (communication personnelle), Edmonton, Alberta.

Byron, R.L. (1970), "Control of Water by Metering", Internal Memorandum, Assistant to City Manager, Whitehorse, Yukon.

Given, P.W. et D.W. Smith (1979), "RBC Treatment of Cold Dilute Wastewater", Proc. of the Conf. on Applied Techniques for Cold Environments, Cold Regions Specialty Conf., Anchorage, Alaska, 17-19 mai 1978, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 490-400.

Hanson, R.G. (1975), "Unit Water Use in Alaskan Municipal Water Supplies", Environmental Standards for Northern Regions A Symp., 13-14 juin 1974, Anchorage, Alaska; Ed. D.W. Smith et T. Tilsworth, Institute of Water Resources Report nº IWR nº 62, University of Alaska, Fairbanks, pp. 321-329.

Martin, B. (1979), "The Water Wastage Problem in Alaska", Proc. of the Conf. on Applied Techniques for Cold Environments, Cold Regions Specialty Conf., Anchorage, Alaska, 17-19 mai 1979, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 1085-1092.

T.H. Newton Engineering Ltd. (1964), "Report Whitehorse Water Supply", Edmonton, Alberta, 103 pages.

Reid, Crowther & Partners Limited (1970), "General Development Plan Whitehorse Metropolitan Area 1970", Winnipeg, Manitoba, 55 pages.

Sask, D. (n.d.), "A Brief History of Whitehorse Capital of the Yukon", brochure.

Shillington, E.I., W.H. Keifer et N.J. Nutall, (1981)." Dawson City Water and Sewerage Program - An Overview", Proc. of the Specialty Conf. on The Northern Community: A Search for a Quality Environment, Seattle, Washington, 8-10 avril 1981, Ed. T.E. Vinson, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 288-299.

Shillington, E.I. (1981), Engineering consultant, Dawson City water system (communication personnelle).

Smith, D.W., S. Reed, J.J. Cameron, G.W. Heinke, F. James, B. Reid, W.L. Ryan et J. W. Scribner (1979), Manuel d'aménagement des réseaux de services publics en climat froid, Service de la protection de l'environnement, rapport EPS nº 3-WP-79-2, Environnement Canada, Ottawa, Ontario.

Smith, D.W. et P.W. Given (1979), Ozonation of Dilute, Low-Temperature Wastewater. Proc. of the Conc. on Applied Techniques for Cold Environments, Cold Regions Specialty Conf., Anchorage, Alaska, 17-19 mai 1978, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 548-559.

Smith, D.W. et P.W. Given (1980), "Dilute Wastewater", Proc. International Assoc. on Water Pollution Research Post Conf. Seminar - PS4 Design of Water and Wastewater Services for Cold Climate Communities, 28-29 juin 1980, Pergamon Press Ltd., London, pp. 165-180.

Stanley Associates Engineering Ltd. (1974), "Final Report on Community Services Improvements Program Yukon Territory", Edmonton, Alberta.

Westburne Wholesale Distributers (1981), Plumbing supply wholesaler, Pressure Tanks (communication personnelle), Edmonton, Alberta.

Yee, A. et D.W. Smith (1981), "Evaluation of Alternative Bleeder Controls", Proc. of the Specialty Conf. on the Northern Community: A Search for a Quality Environment, Seattle, Washington, 8-10 avril 1981, Ed. T.E. Vinson, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., pp. 555-569.

Yukon Electrical Company Limited (1979), Metropolitan Whitehorse electrical rate schedule (communication personnelle), Whitehorse, Yukon.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'EXPLOITATION ET À L'ENTRETIEN LORS DE LA CONCEPTION DE RÉSEAUX D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LES AGGLOMÉRATIONS ARCTIQUES

Michael W. Mauser
Alaska Area Native Health Service
Anchorage (Alaska)

INTRODUCTION

Lors de la conception d'un réseau d'approvisionnement en eau pour une agglomération de l'Arctique, l'ingénieur prend des décisions qui auront des conséquences pour l'opérateur du réseau et pour la collectivité pendant toute la durée de vie du réseau. La plupart des décisions prises au moment de la conception reposent essentiellement sur des faits mais certaines d'entre elles dépendent du point de vue adopté et reflètent des préférences et des opinions personnelles. Un grand nombre de décisions qui concernent directement l'exploitation et l'entretien du réseau se trouvent dans cette catégorie.

L'opérateur et la collectivité ne sont pas concernés par les nombreux détails dont il faut tenir compte lors de la conception d'un réseau de distribution d'eau. Ils s'intéressent avant tout à la qualité du service, ainsi qu'à la fiabilité et à la rentabilité de l'installation après la construction. La qualité dépend des besoins, des capitaux et des capacités d'entretien de la collectivité, de même que de ce qui peut être fourni. Pour être fiable, l'installation doit être facile à comprendre, à exploiter et à entretenir, en temps normal et dans des conditions d'urgence. La rentabilité est également un facteur important. Si la collectivité ne peut pas payer le combustible, l'électricité ou les réparations, le système cesse de fonctionner. Cet article traite de ces différents aspects en fonction de la conception d'une installation, et illustre les points soulevés à l'aide d'un exemple de conception d'un réseau de canalisations.

INTELLIGENCE DE L'OPÉRATEUR

Dans de nombreuses petites collectivités, le travail de l'opérateur est partagé, ou il y a un fort taux de roulement. Cela permet à de nombreuses personnes de gagner quelque argent, mais peut également signifier que personne n'est vraiment qualifié pour ce travail. Il importe donc de connaître les besoins de la collectivité en matière d'emplois et de services. Un certain nombre de mesures peuvent être prises pour faciliter la compréhension d'un système quelconque, mais ce qui peut être un plan exceptionnellement bon à tout autre point de vue peut ne pas convenir s'il est trop complexe pour la collectivité.

L'opérateur est la clé d'un service fiable; il doit être en mesure de comprendre le fonctionnement du système. Lorsque l'opérateur voit pour la première fois toute cette tuyauterie, il peut être déconcerté. Il importe donc que la disposition des conduites dans le bâtiment des pompes soit aussi simple et visible que possible. L'emploi de couleurs vives pour les tuyaux (voir tableau 1) et la robinetterie (vert pour les robinets normalement ouverts et rouge pour les robinets normalement fermés), faciliterait le travail de l'opérateur. Les vannes à tige montante peuvent être utiles lorsqu'elles ne sont pas normalement laissées ouvertes ou fermées et qu'elles sont actionnées souvent, car on peut voir d'un simple coup d'oeil si la vanne est ouverte ou fermée. Les conduites de dérivation ainsi que leurs fonctions peuvent être clairement identifiées par des étiquettes ou par un

TABLEAU 1 CODE DE COULEUR POUR LA PLOMBERIE DU BÂTIMENT DES POMPES

Eau brute	Vert
Eau potable	Bleu
Chauffage	Noir
Incendie	Rouge
Eaux usées	Brun
Air comprimé	Gris
Combustible	Orange

code de couleurs laissé à proximité de l'équipement concerné. Tous ces détails peuvent avoir leur importance mais un grand nombre de concepteurs n'y pensent pas, car ce n'est pas eux qui feront fonctionner l'installation.

Les vannes, compteurs, manomètres, interrupteurs, etc., doivent être placés près de l'équipement qu'ils commandent ou contrôlent, de façon à ce que le rapport entre les deux soit évident; si le manomètre est placé immédiatement en aval d'une pompe, il sera beaucoup plus facile de l'associer avec le fonctionnement de la pompe que s'il se trouve à trois mètres d'elle. Il faut éviter les agencements qui peuvent induire en erreur, comme celui que l'on peut constater à la figure 1, où la petite pompe de circulation à l'avant est commandée par l'interrupteur manuel du fond, et n'est associée en aucune façon à l'interrupteur de débit et à la grande pompe. Ce genre de confusion pourrait être évité si les commandes électriques et les pompes étaient placées le long d'un mur, de façon à faciliter le câblage électrique.

Lorsque l'opérateur n'a qu'une compréhension limitée des commandes électriques, il peut être indiqué d'éviter les commandes automatiques dans certains cas. Ainsi, le remplissage manuel d'un réservoir de stockage ou le lavage manuel à contre-courant de filtres à sable peut s'avérer beaucoup plus fiable qu'un système automatisé qui dépasse les capacités de l'opérateur. Par ailleurs, plus l'opérateur est attentif à ce qui se passe, plus grandes sont ses chances de détecter les défectuosités et d'y parer. Si un système peut fonctionner de façon autonome pendant des semaines, il est probable que l'opérateur ne s'en occupera pas et, s'il y a une panne quelconque, il peut ne pas être sur place ou ne pas s'estimer assez compétent pour entreprendre la réparation. Dans plusieurs réseaux de distribution d'agglomérations de l'Alaska, les commandes automatiques ont été dérivées ou rendues inopérantes et cela a amélioré la situation. Dans un village, par exemple, un injecteur d'air automatique pour réservoir hydropneumatique est tombé en panne et cela a entraîné le remplissage excessif du réservoir; le pressostat est ensuite tombé en panne parce qu'il démarrait trop souvent. L'opérateur tenait consciencieusement les registres et assurait l'entretien depuis de nombreuses années, mais il n'avait jamais vraiment compris le fonctionnement du réservoir à pression. Dorénavant, il maintient l'eau au niveau approprié en ajoutant périodiquement de l'air au moyen d'un compresseur d'air, et il n'est pas pressé de faire réparer l'injecteur d'air.

Lorsqu'il y existe des commandes automatiques, comme l'interrupteur à flotteur d'une pompe de puits, il faudrait qu'elles puissent également être actionnées manuellement. Cette précaution améliore la situation sur trois plans: celui de la formation de l'opérateur, la souplesse d'exploitation du système et le dépannage.

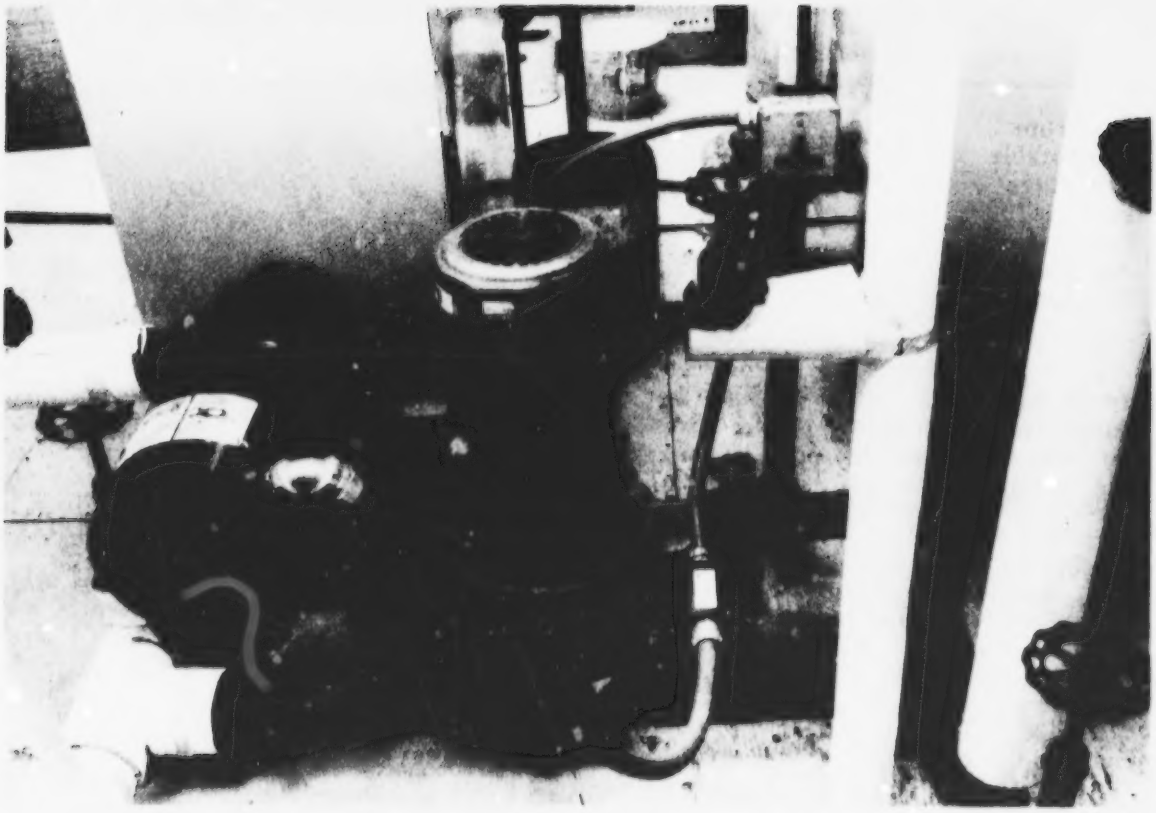


FIGURE 1 GROS PLAN DE LA POMPE DE CIRCULATION AUXILIAIRE - SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR RÉSIDUELLE DE POINT HOPE

FACILITÉ D'EXPLOITATION

Le système doit être facile à exploiter. Il ne devrait pas y avoir trop de manomètres et de compteurs, et ils devraient être placés de façon à faciliter les relevés. Les réservoirs de stockage devraient être munis d'un indicateur de niveau situé à l'intérieur du bâtiment des pompes. Ces dispositifs doivent fournir les données dans les unités appropriées. Ainsi, un compteur d'eau sur la boucle de retour d'un système de circulation devrait donner les mesures en mètres cubes par heure, et un indicateur de niveau d'eau, en mètres ou en milliers de litres. Il importe que les plages appropriées pour tous les compteurs et manomètres soient précisément indiquées dans les plans. Les manomètres à grand cadran sont recommandés. Il est préférable d'utiliser des indicateurs de température à cadran, car ils sont plus faciles à lire.

Des indicateurs de débit devraient être placés sur chaque boucle. Les canalisations de retour de toutes les boucles du système de distribution devraient être équipées de débitmètres. Il serait également souhaitable d'utiliser des sections de tuyaux en plastique

transparent ou des indicateurs de débit à volet en d'autres endroits, de façon à assurer une surveillance qualitative des débits. Cela permet également à l'opérateur d'interpréter la situation.

Des voyants lumineux sont également très utiles dans le cas des dispositifs dont le fonctionnement ne peut être observé directement, comme les câbles chauffants ou les moteurs recouverts ou éloignés.

Les points d'échantillonnage d'eau devraient être situés directement sur la conduite: a) en amont des filtres et autres dispositifs épurateurs; b) en aval des points d'injection de produits chimiques, mais avant que l'eau n'atteigne les réservoirs ou les canalisations; c) au réservoir de stockage (de préférence à la boucle de chauffage du réservoir, s'il y en a une; d) à toutes les boucles. Il est particulièrement important de pouvoir prélever des échantillons avant que l'eau ne pénètre un grand réservoir lorsque l'alimentation en produits chimiques doit être ajustée, parce que le réservoir atténue l'effet des ajustements. Il est beaucoup plus pratique de faire des prélèvements à l'intérieur du bâtiment des pompes que d'avoir à se rendre au domicile d'un usager. Tous les points d'échantillonnage devraient être faciles à atteindre et à utiliser.

Il faut prévoir suffisamment d'espace entre la conduite de nettoyage du filtre et le puisard, pour permettre l'échantillonnage pendant le lavage à contre-courant. L'intérieur du puisard devrait être peint en blanc, pour assurer une meilleure visibilité.

Il importe également de tenir compte de la commodité et du bien-être de l'opérateur. Une certaine insonorisation devrait être prévue. Dans la mesure du possible, le générateur auxiliaire devrait être isolé (voir la figure 2). Des crochets pour les vêtements, des supports pour les tuyaux flexibles, etc., devraient être installés de sorte que la robinetterie et les boîtes électriques ne soient pas utilisées à ces fins. Les grandes installations devraient être dotées d'une salle de bains et d'un bureau. Le bureau devrait être suffisamment grand pour pouvoir y loger une table à dessin, un bureau et un classeur. L'atelier et le bureau devraient être séparés du reste de l'installation. Les endroits où une surveillance régulière est requise devraient être bien éclairés. Cette génératrice et ses commandes sont situées dans une petite pièce insonorisée. On notera le capuchonnement de la prise d'air pour le refroidissement et la combustion. Les volets d'aérage sont mécaniquement reliés aux volets du capuchon de la prise d'air et doivent être ouverts manuellement avant le démarrage de la génératrice.

Il faut qu'il y ait une bonne circulation dans le réservoir de stockage et le réservoir sous pression. Un réservoir situé au niveau d'un cul-de-sac, un court-circuit ou une dérivation effectués dans un réservoir peuvent altérer la qualité de l'eau. Les réservoirs en bois doivent être gardés presque pleins, et il est particulièrement important d'assurer une bonne circulation et un bref temps de séjour, pour éviter les problèmes de croissance biologique. Il faut prévoir un moyen d'accroître les teneurs en chlore dans les grands réservoirs qui ne sont pas remplis de façon périodique, surtout ceux qui sont remplis une fois par année. Cela peut être fait en installant un injecteur de solution de chlore sur la boucle de chauffage du réservoir.

Il faut penser aux raccourcis que l'opérateur peut être tenté de prendre. Par exemple, les couvercles sur les dispositifs qui nécessitent un examen fréquent doivent être faciles à enlever, de sorte que l'opérateur ne soit pas tenté de ne pas les remettre en place. Bien sûr, la pire attitude consiste à ne pas faire le travail du tout, c'est pourquoi il faut faire en sorte que toutes les tâches soient aussi faciles que possible à accomplir. L'addition d'un robinet de vidange et d'un tuyau flexible a suffi pour qu'un opérateur nettoie le filtre à sable après la saison de pompage estivale. Il ne considérait pas que cette opération était suffisamment importante pour justifier le travail que lui demandait le fait de dévisser le bouchon de vidange et d'amener plusieurs centaines de gallons d'eau à un drain de sol trop éloigné. (Après l'avoir fait une fois, l'auteur du présent article fut du même avis et c'est pourquoi un robinet de vidange est maintenant installé à cet endroit.)

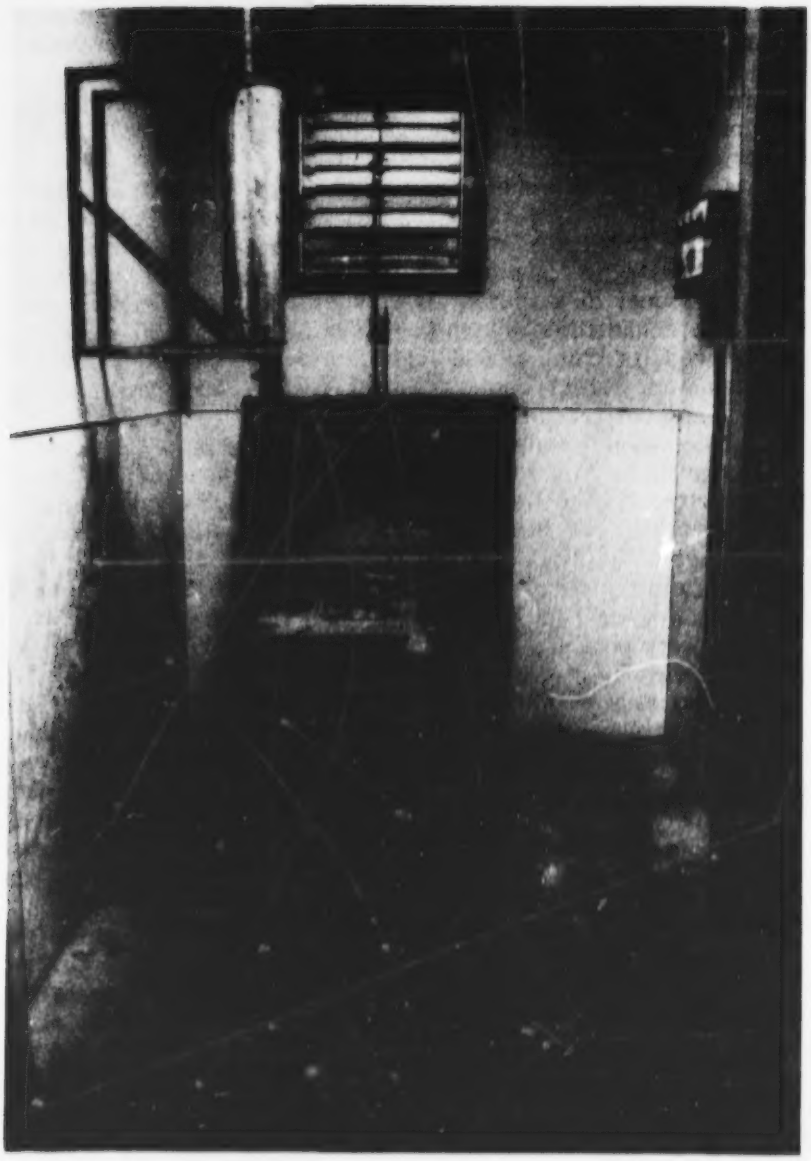


FIGURE 2 SALLE DE LA GÉNÉRATRICE AUXILIAIRE DE VENETIE

FACILITÉ D'ENTRETIEN

L'installation doit également être facile à entretenir. Il importe de prévoir une section réservée aux pièces de rechange et aux outils, de même qu'un atelier. Les salles doivent être bien éclairées et munies des prises électriques nécessaires. Un groupe séparé de prises constamment sous tension devrait être installé à proximité des pompes doseuses,

de façon à pouvoir en faire l'essai. La plomberie doit être installée à au moins 20 cm des murs et de l'équipement, et il convient de prévoir suffisamment d'espace pour les outils et les ouvriers. Une attention particulière doit être accordée à l'équipement qui nécessite une surveillance fréquente, comme c'est le cas pour les réservoirs d'eau chaude. Il faut s'assurer que tous les espaces peuvent être chauffés et ventilés, même si cela n'est pas normalement nécessaire; essentiellement, cela veut dire qu'il faut prévoir suffisamment de place pour installer un radiateur portatif.

Il devrait y avoir des dispositifs d'appoint, surtout dans le cas des systèmes qui sont importants et qui ne peuvent être réparés ou remplacés rapidement, comme les chaudières et les grosses pompes de circulation. Il faut s'assurer que les autres machines importantes peuvent être facilement réparées ou remplacées. Des conduites de dérivation devraient être prévues pour toute autre pièce d'équipement non essentielle, afin de pouvoir la réparer sans avoir à arrêter toutes les opérations. Il serait utile d'installer des pompes de circulation pour faire passer l'effluent du réseau d'eau chaude dans un collecteur ordinaire qui alimente les chaudières; cela permet d'éviter de fermer une chaudière parce qu'un moteur de pompe a brûlé. Lorsque cela est possible, le réservoir de stockage devrait être muni d'une dérivation afin de permettre les inspections annuelles et les réparations, sans interrompre le service. (Un puisard dans un grand réservoir peut être très utile au moment du nettoyage de ce dernier.) Tout l'équipement, la tuyauterie et les commandes doivent être munis de robinets d'isolement. Il faut également s'assurer que tout l'équipement peut être isolé des lignes électriques et des canalisations de combustible. Toutes les conduites devraient pouvoir être vidangées, et cela signifie l'aménagement d'orifices de dégagement sur les sections élevées et de robinets de vidange sur les sections basses.

Dans la mesure du possible, les techniques de construction doivent être simples, par exemple les tuyaux en cuivre soudés sont préférables aux tuyaux en acier soudés, toutes choses étant égales d'ailleurs. La variété des dispositifs et la taille des tuyaux devraient être minimales, de façon à simplifier l'inventaire des pièces de rechange. Les canalisations doivent être munies d'un nombre suffisant de raccords et de brides, qui doivent être placés de façon à permettre l'enlèvement de l'équipement et de sections complètes de tuyauterie. Des raccords diélectriques ou des raccords souples en caoutchouc devraient être employés pour isoler les matériaux qui pourraient former des éléments galvaniques. Les raccords à brides sont préférables, surtout lorsque les tuyaux sont difficiles à aligner.

Il faut s'assurer que les jauges, commandes, etc., peuvent être isolées et facilement vérifiées et remplacées sans avoir à interrompre le service. Utiliser des aquastats munis d'une sonde à l'extrémité de plusieurs pieds de tube capillaire. Cela permet d'enlever facilement la sonde du puits pour les vérifications et les étalonnages. Les indicateurs de température et les aquastats doivent être placés dans des puits thermométriques, de façon à pouvoir les enlever facilement pour les vérifier ou les remplacer. Il importe de préciser que ces puits doivent être enduits de pâte conductrice de chaleur. Les manomètres doivent être munis de robinets d'isolement. Le manomètre et le pressostat du réservoir à pression doivent être placés sur le dessus du réservoir, pour éviter tout contact avec l'eau. Il est recommandé d'utiliser des injecteurs de produits chimiques en plastique pouvant être enlevés pour le nettoyage (ils sont disponibles sur le marché) et de ne pas omettre d'employer le clapet de retenue fourni avec ces injecteurs.

L'eau contenue dans le combustible s'accumule au fond des réservoirs. Cette eau doit pouvoir être enlevée par l'intermédiaire de drains, de siphons ou par un puisard d'une profondeur suffisante sous le réservoir de combustible, pour recueillir l'eau et la pomper périodiquement.

L'installation d'une jauge à combustible placée après le réservoir de combustible permet un contrôle à long terme de la consommation de combustible. On recommande l'emploi d'un réservoir du jour muni d'une jauge, de façon à pouvoir contrôler à court

terme la consommation de combustible. Dans la mesure du possible, ce réservoir devrait être placé à l'intérieur, de façon à permettre un réchauffement du combustible avant son utilisation. Un combustible froid est visqueux et prend plus de temps pour arriver au brûleur qu'un combustible réchauffé, ce qui nuit au fonctionnement et à l'efficacité de la chaudière. Lorsque le réservoir du jour est placé à l'extérieur, la jauge devrait être visible par une fenêtre. Les canalisations de combustible ne devraient jamais être en cuivre soudé à l'étain, car alors elles ne peuvent pas être réparées facilement ou dégelées sans danger au moyen de câbles chauffants. Utiliser de la fonte noire (non galvanisée), ou du cuivre à collet évasé. Les réservoirs du jour et les canalisations de combustible doivent être munis de bouchons ou de robinets de vidange.

Toutes les canalisations d'alimentation en combustible doivent être munies de vannes à fusible. On ne doit pas installer de vannes sur les canalisations de retour du combustible. Un clapet de retenue peut être utilisé sur les conduites de retour mais un robinet-vanne ou une vanne à fusible ne devraient jamais être utilisés, car la fermeture de la canalisation de retour pendant le fonctionnement de la pompe d'alimentation entraînera la rupture des joints de la pompe. Ces canalisations de retour devraient aboutir sur le dessus du réservoir du jour, ou être munies d'évents pour permettre la sortie de l'air purgé. Il serait indiqué d'installer des manomètres sur le tuyau de refoulement de la pompe à combustible de la chaudière (de même que sur les canalisations d'aspiration si celle-ci est importante), pour contrôler le rendement de la pompe à combustible. (Un manomètre permettra également à l'opérateur de détecter une des causes très courantes du non-fonctionnement de la chaudière, à savoir l'absence de combustible.)

Il importe également d'installer des drains sur le dispositif de sécurité bas niveau d'eau de la chaudière, pour le rinçage et les essais. Des mélanges de glycol peuvent être employés pour le chauffage, mais les conduites d'amenée ne devraient pas passer dans un réservoir d'eau - utiliser plutôt un échangeur de chaleur. Une conduite de glycol qui fuit dans un réservoir d'eau constitue un problème important puisque le réservoir devra être vidangé pour qu'on effectue la réparation; par ailleurs, la fermeture des vannes dans le réservoir signifie que celui-ci n'est plus chauffé.

Les chaudières doivent être suffisamment aérées en tout temps. Ne jamais utiliser de ventilateurs aspirants dans une chaufferie. Il faut s'assurer que le fonctionnement de la génératrice auxiliaire n'entraînera pas un manque d'air dans les chaudières. Même lorsque la génératrice est dans une pièce séparée, les chaudières peuvent manquer d'air si l'aération n'est pas suffisante.

Employer des raccords soudés à l'argent ou à collet évasé pour les conduites de branchement en cuivre, de sorte qu'elles puissent être dégelées au moyen de câbles chauffants à résistances. Installer une patte ou un fil sur les canalisations en cuivre pour le serre-fils du câble chauffant; un serre-fils placé directement sur la conduite pourrait y faire un trou s'il était accidentellement tiré pendant le dégel du tuyau. Une soudure étain-antimoine 95-5 p. 100 est recommandée pour tout le plombage dans le bâtiment des pompes, surtout dans un réseau en circuit fermé. Ce type de soudure est plus résistant et ne contient pas de plomb pouvant être lixivié par l'eau douce. De plus, les réparations peuvent être effectuées avec une soudure moitié plomb et moitié étain, dont le point de fusion est plus faible, sans desserrer les joints avoisinants.

Il importerait d'installer des tiges en boucle et des robinets d'isolement dans les réseaux de circulation en circuit fermé. Il serait également utile d'établir un moyen de rincer et/ou de filtrer périodiquement l'eau de retour des boucles à l'usine de traitement, surtout dans les boucles dont la demande en eau est faible et où la teneur en fer est très élevée.

Un té branché directement sur la canalisation de la pompe du puits peut s'avérer utile pour faire l'essai de la pompe et du puits, surtout lorsque ce dernier se situe à quelque distance du bâtiment des pompes.

Installer des drains de sol sous les réservoirs sous pression, car l'eau se condense sur les parois du réservoir et dégoutte sur le plancher. Il importe de s'assurer que les drains sont en nombre suffisant et que les planchers sont en pente. Les drains avec couvercle empêchent l'air froid d'entrer dans le bâtiment. Les planchers devraient être en béton, de façon à pouvoir assurer une pente et à empêcher la pourriture. Si les planchers sont en bois, les plus grands réservoirs intérieurs peuvent être posés sur des dalles en béton draîné tandis que les plus petits réservoirs, comme les cuves de produits chimiques, peuvent être surélevés au-dessus du plancher pour assurer la circulation d'air. Il faut isoler les canalisations d'eau froide pour empêcher la condensation. Ne jamais placer des commandes et du matériel électriques sous des canalisations qui suintent.

Attention à l'accumulation de glace créée par de petits écoulements d'eau provenant des joints des pompes, de l'équipement refroidi à l'eau et des injecteurs d'air actionnés à l'eau pour les réservoirs sous pression. Il faut s'assurer que les robinets des prises d'eau sont étanches; un solénoïde placé en amont du robinet d'arrêt à sifflet d'alarme et, dans certains cas, un manodétendeur, peuvent être utiles. (Ces canalisations devraient bien sûr être vidangées.) Il faut assurer des prises d'eau intérieures protégées dans la mesure du possible et un drain de sol en dessous du point de remplissage.

FIABILITÉ EN CAS D'URGENCE

Dans le cas d'une défectuosité, il est important que l'opérateur soit alerté et sache quoi faire. Un arrêt de débit, une baisse de température, une diminution ou une augmentation excessives du niveau d'eau, une baisse de tension ou de pression peuvent être signalés par le déclenchement d'une alarme sonore et l'allumage du voyant approprié sur un panneau. Les alarmes d'incendie devraient actionner un système de gicleurs et émettre un signal particulier. Le système d'alarme incendie devrait être indépendant. L'avertisseur d'incendie devrait être situé dans un endroit très visible dès l'entrée dans le bâtiment. On recommande l'utilisation de batteries à électrolyse liquide comme sources d'appoint en courant continu et pour actionner une sonnerie dans le cas d'une panne d'électricité. Il importerait de considérer une sonnerie intermittente plutôt qu'une sonnerie continue, pour prolonger la durée de vie de la batterie. Des relais temporisés peuvent être utilisés pour prévenir les fausses alarmes, lorsque des demandes à court terme font que les débits de retour dans les boucles de distribution tombent en-deçà du minimum requis. Le panneau d'alarme devrait avoir un bouton d'essai pour vérifier la batterie auxiliaire (en cc) de l'avertisseur, les voyants et les relais. De plus, tous les capteurs devraient pouvoir être facilement amorcés à la source, à des fins d'essai. Ainsi, les flotteurs avertisseurs devraient être accessibles et les aquastats d'alarme devraient être munis de sondes qui peuvent être facilement extraites de leur puits pour les placer dans l'eau glacée, de façon à permettre à l'opérateur de vérifier l'alarme et de la régler.

Les alarmes de débit sur les boucles de retour pourraient être actionnées sur une base saisonnière, en installant un ou plusieurs interrupteurs sur le panneau d'alarme. Cela permet d'arrêter la circulation pendant l'été sans provoquer de fausses alertes. (Ces alarmes ne devraient pas être commandées par les contacts du démarreur du moteur de la pompe, car une défectuosité du démarreur empêcherait le fonctionnement de l'alarme.)

Les sondes de l'aquastat pour le contrôle de la température de l'eau dans le réservoir devraient être placées à l'intérieur du réservoir, plutôt que sur les conduites en boucle de chauffage du réservoir. Si la distance est courte entre le bâtiment et un grand réservoir, un couloir convient mieux qu'un utilidor, parce que les sondes peuvent être placées sur la paroi du réservoir et être accessibles de l'intérieur. Placer des thermostats avertisseurs dans les endroits stratégiques qui peuvent se refroidir et qui contiennent de

l'équipement susceptible de s'endommager. Des thermostats avertisseurs doivent également être placés dans les endroits éloignés comme les utilidors et les coffres de puits.

Les panneaux d'alarme peuvent être combinés aux panneaux de commande et comprendre les voyants et les interrupteurs d'alarme ainsi que les interrupteurs pour les moteurs et les voyants de contrôle. Un dispositif de protection contre les baisses de tension peut également être inclus dans le panneau. Toutefois, un tel rassemblement accroît la complexité apparente du système et, même si cela est pratique du point de vue de l'exploitation, il peut causer un problème d'entretien lorsque l'opérateur connaît mal les commandes électriques. Dans tous les cas, les fils et les relais doivent être identifiés clairement et des instructions écrites et des schémas précis devraient être inclus.

Il importe d'assurer des systèmes d'électricité et de chauffage de secours. Dans le cas d'une très petite installation, l'électricité de secours peut être fournie par un moteur à combustion interne pour les moteurs électriques ou une prise électrique permettant de brancher une génératrice portative. Les plus grandes installations devraient avoir une génératrice de secours, surtout si le réseau de l'agglomération n'est pas fiable. Le système de chauffage de secours ne devrait pas être électrique et devrait suffir à maintenir les températures au-dessus du point de congélation.

Bien que l'entretien régulier puisse être planifié pour coïncider avec les périodes les plus clémentes de l'année, les réparations d'urgence peuvent devoir être faites dans des conditions extrêmement difficiles. Les pompes de puits, les galeries, etc., devraient être constamment abritées de sorte que les réparations d'urgence puissent être faites par mauvais temps. Dans le cas des galeries, une deuxième pompe de puits peut s'avérer utile. Il faut s'assurer que le plafond de l'abri du puits est suffisamment haut pour pouvoir enlever des sections de conduite d'amenée. Si cela n'est pas possible, une trappe devrait être aménagée dans le toit au-dessus du puits. Dans les deux cas, il importe de prévoir un support adéquat pour lever le tuyau et la pompe. Lorsqu'un caisson est utilisé, il est préférable de placer les commandes de la pompe à l'intérieur du bâtiment des pompes, de sorte qu'un condensateur ou un relais défectueux puissent être remplacés plus facilement. Cela assure également une meilleure protection des commandes.

Il faut assurer un stockage d'eau adéquat pour permettre de procéder aux réparations et éviter de mettre hors service la boucle de distribution lorsque la pompe du puits tombe en panne.

Toutes les canalisations doivent pouvoir être vidangées. Même si le réseau peut supporter le gel, il peut s'avérer plus économique et plus facile de vider les canalisations dans le cas d'une interruption de service. Dans un système à canalisation unique avec recirculation, cela peut se faire par pompage à partir des bouches d'incendie. Par conséquent, les bornes d'incendie devraient être munies de piquets indicateurs, de façon à pouvoir les repérer sous la neige. Quoiqu'il en soit, les bouches d'incendie et les vannes doivent être fixées à des structures de surface par un minimum de trois points d'ancrage. Dans l'Arctique, les bornes d'incendie ne devraient pas comporter de trous de purge car il est possible que l'eau ne soit pas évacuée après l'utilisation, si le sol est gelé, ou qu'elle pénètre dans la colonne de la borne par ces trous et gèle. Cela gênerait le fonctionnement de la vanne et pourrait même causer des dommages. (Il est recommandé de pomper l'eau de la colonne après l'utilisation de la borne d'incendie, et d'ajouter de l'antigel potable pour empêcher le gel de l'eau résiduelle.)

Des robinets de vidange devraient être installés sur toutes les parties basses des canalisations dans le bâtiment des pompes, pour faciliter la vidange. Cela est particulièrement important pour les pièces comme les filtres qui peuvent nécessiter un nettoyage périodique, et pour la vidange d'urgence des conduites et de l'équipement. L'enlèvement des bouchons de vidange, l'ouverture des raccords ou des brides, ou encore le sectionnement ou le perçage des tuyaux nécessitent des outils, du temps et des

connaissances qui peuvent ne pas être disponibles, surtout en cas d'urgence. Plus la vidange des canalisations s'avère une tâche complexe, plus grande est la tentation de remettre cette corvée à plus tard. Il faut éviter de poser les clapets de retenue à la verticale, car l'eau peut s'accumuler. Il faut prévoir des points d'injection d'air dans les endroits élevés.

En général, il faut envisager les pires situations. Si ces dernières ne peuvent être évitées, il faut que la remise en état du système soit aussi facile que possible.

FIABILITÉ DU SYSTÈME ET AUTRES COMMENTAIRES RELATIFS À L'ENTRETIEN

Aucune installation ne peut fonctionner pendant longtemps sans pièces de rechange et personnel qualifié. La fiabilité d'un système peut être améliorée en utilisant de l'équipement et du matériel facilement disponibles, et réparables sur place ou dans la région. L'uniformisation à travers une région peut s'avérer fort utile, surtout lorsqu'un certain nombre de services d'utilité publique sont gérés ou soutenus par un organisme central. Ainsi, le Borough North Slope en Alaska gère et assure l'entretien et les réparations de tous les services publics dans les villages de la municipalité à partir de Barrow, où se trouvent le personnel d'entretien et les pièces de rechange. Les compteurs horaires, les compteurs cycliques ou les compteurs totalisateurs d'eau et de combustible peuvent être d'une aide considérable pour la surveillance des conditions à long terme. Des manomètres à l'entrée et à la sortie des pompes et des compteurs d'eau peuvent aider à contrôler le rendement à long terme des pompes.

De bonnes mesures de sécurité contre le vol et le vandalisme sont également des facteurs importants. Les portes et les verrous doivent être solides et les contre-fenêtres pourraient être en polycarbonate. De plus, l'accès au public doit être réduit au minimum. Si l'installation a des portes doubles et beaucoup d'espace libre, l'exploitant pourra être tenté de permettre des activités comme la réparation des motoneiges. Les voies d'accès à des zones pouvant servir de pièces d'habitation ou à des endroits publics comme les lavoirs devraient être munies de portes verrouillables.

Les grosses machines comme les pelles rétrocaveuses mécaniques doivent être rangées dans des garages verrouillables. Le chlore, le combustible, la graisse, le glycol, la peinture et les mousses ne doivent pas être stockés à l'intérieur du bâtiment. Les composés du chlore doivent être stockés loin de toute substance inflammable et dans des endroits secs et bien ventilés. La corrosion et les incendies constituent des menaces réelles lorsque ces précautions ne sont pas prises. Il arrive souvent que la corrosion passe inaperçue avant qu'elle ne commence à causer de réels problèmes. (L'eau de javel dans les eaux ménagères peut également provoquer la corrosion dans une pièce où se trouve un réservoir de stockage d'eaux ménagères; ces réservoirs devraient être recouverts et ventilés vers l'extérieur.) La superficie à l'intérieur du bâtiment ne devrait pas être trop grande, tout en se ménageant suffisamment d'espace pour les besoins futurs. Les espaces libres se transforment souvent en lieux de rangement, ce qui va à l'encontre de leur destination initiale.

ÉCONOMIE

Les salaires, le chauffage et le pompage constituent les dépenses les plus élevées dans l'exploitation d'un réseau de distribution d'eau. La conception d'une installation fiable, d'exploitation et d'entretien faciles, permet automatiquement de minimiser les frais en salaires.

Dans la plupart des installations, l'ingénieur attache une importance particulière aux pertes de chaleur des bâtiments et des canalisations. On accorde souvent trop d'importance à l'isolation des bâtiments et à la qualité de la chaudière. Pour pouvoir fonctionner efficacement, toute chaudière a besoin d'air et une chaudière complexe nécessite beaucoup plus d'attention pour fonctionner à plein rendement. On recommande d'installer un soupirail pour assurer la circulation de l'air, ou de placer la chaudière dans une salle distincte bien ventilée. Une simple chaudière est souvent plus avantageuse qu'un modèle complexe, car il n'est pas toujours possible de régler exactement celui-ci au maximum de sa capacité; une chaudière simple constitue un choix idéal pour une petite localité éloignée. L'achat d'une chaudière semblable à celles qui sont déjà installées dans le village est également une bonne idée.

Le réseau de canalisations d'eau chaude doit être isolé. Plusieurs petites installations d'alimentation en eau dans l'Arctique sont chauffées uniquement par la chaudière et par les pertes de chaleur provenant des échangeurs de chaleur. Lorsque les canalisations ne sont pas isolées, la température intérieure devient trop chaude et les fenêtres doivent être ouvertes, même en hiver. De plus, il est plus simple et plus sûr de travailler autour de canalisations isolées.

Lorsque c'est possible, il faut utiliser la chaleur perdue par l'eau de refroidissement de la génératrice, mais il faut quand même s'assurer d'une autre source de chaleur. La récupération de la chaleur des gaz de sortie de la chaudière n'est pas recommandée dans bon nombre de situations car le tirage d'air et, par conséquent, l'efficacité sont diminués, et parce que les produits de combustion peuvent être corrosifs. La récupération de la chaleur des sécheuses et des machines à laver dans une buanderie devrait être prise en considération, mais cela nécessite plus d'entretien et une source d'appoint. Les systèmes de récupération de la chaleur perdue devraient être considérés comme une partie intégrante de l'installation et non comme une addition. Le système doit être aussi simple que possible; les petites quantités d'énergie récupérée peuvent coûter cher si l'opérateur n'est pas capable d'assurer la bonne marche du système.

On recommande l'emploi de commandes automatiques pour le chauffage du réservoir et de l'eau des systèmes de recirculation. L'opérateur ne peut pas rester sur place 24 heures par jour; lorsque les commandes sont manuelles, il peut être tenté de maintenir l'eau plus chaude que nécessaire pour se garder une "marge de sécurité". Bien sûr, les commandes automatiques doivent pouvoir être dérivées.

Attention au siphonnage thermique d'un réservoir d'eau par les échangeurs de chaleur; cela peut se produire lorsque les canalisations d'entrée et de sortie sont à des hauteurs différentes. Le problème ne se pose pas lorsque l'eau de la chaudière se trouve du côté chemisage de l'échangeur de chaleur, et qu'elle est commandée par une vanne de secteur. Il serait également souhaitable d'ajouter de la chaleur dans le réservoir par le chauffage préalable de l'eau (il faut quand même s'assurer d'une autre source de chauffage d'urgence). Si ce n'est pas possible, comme dans le cas des réservoirs remplis peu souvent, il faut tenter de placer les sondes de l'aquastat dans le réservoir et de faire circuler l'eau dans un échangeur de chaleur au besoin seulement plutôt que continuellement; cela permet d'économiser sur les coûts de pompage.

Au lieu de calibrer les pompes de circulation des systèmes d'eau chaude de façon à répondre à toutes les demandes, il faudrait considérer l'emploi de pompes d'appoint qui ne fonctionnent qu'au besoin, de façon à accroître le débit dans des charges à résistance élevée comme le bobinage des sécheuses.

Éviter le gaspillage d'eau; employer une robinetterie à faible consommation d'eau et à basse pression. (Quand l'eau n'est pas trop chère ou que de l'eau ménagère peut être utilisée, il est préférable d'installer des toilettes plutôt que des urinoirs qui risquent de servir de cendrier.) Éviter l'emploi d'équipement refroidi à l'eau comme les grosses

pompes à pression constante. Prévoir des regards de chasse et installer les canalisations d'égout de façon à éviter le dosage. Il faut s'assurer que les canalisations de trop-plein des réservoirs de stockage peuvent être facilement contrôlées.

Les coûts de pompage peuvent être réduits si on utilise des canalisations à grand diamètre avec un nombre minimal de coudes et de contraintes. Si des canalisations de 50 mm sont adoptées pour le système de circulation par "pitorifice", plus de la moitié des pertes de pression peuvent se produire dans le bâtiment des pompes. Cela peut entraîner des coûts additionnels de plusieurs milliers de dollars. Des coûts d'investissement plus élevés pour des canalisations d'un diamètre plus grand seraient donc peut-être justifiables. Une façon simple d'évaluer le coût de la plomberie est de déterminer le coût annuel d'une unité de perte de charge en supposant un débit, une efficacité de pompe et de moteur et un coût d'électicité. Il s'agit ensuite d'évaluer les pertes de charge pour les divers calibres de canalisation, de vannes et de compteurs. Le tableau 2 donne les résultats d'une analyse type pour un débit de 300 l/min et un coût de l'électricité de $0,43/kWh, pour cinq différentes options de canalisations. Dans les trois premiers systèmes, toutes les canalisations et les vannes ont le même calibre. Dans les deux autres systèmes, les coudes et les sections droites sont d'un calibre plus grand, tandis que les canalisations de diamètre plus petit sont utilisées pour les vannes et les compteurs. Étant donné que les vannes et les compteurs coûtent plus cher à l'achat mais que leur coût d'exploitation est relativement bas par rapport à celui des coudes et des tés, les systèmes hybrides offrent d'importantes économies de coûts en capital et ne présentent que de petites augmentations de coûts d'exploitation. Une telle analyse peut aider à éliminer certaines options, mais une analyse finale devrait être effectuée après avoir choisi un modèle de pompe et établi la configuration de l'ensemble du système.

La plomberie du bâtiment des pompes devrait être la plus simple possible. Les canalisations doivent être courtes et les débitmètres ne doivent être installés que sur la canalisation de retour. L'eau de compensation doit être ajoutée du côté écoulement des pompes dans les systèmes de circulation d'eau, si la chose est possible. Cela permet

TABLEAU 2 COMPARAISON DES OPTIONS DE CANALISATION POUR LE BÂTIMENT DES POMPES

Dimension des canalisations		Coût en dollars	
Centimètres	Pouces	Capital	Exploitation
5,1	2	800	1200
7,6	3	2200	200
10,1	4	6300	100
5,1 - 7,6	2-3	1400	500
5,1 - 10,1	2-4	2100	300

d'utiliser des pompes de circulation plus petites puisqu'elles n'auront pas à être calibrées pour répondre à la demande maximale au débit minimal du système. Bien sûr, toutes les pompes foulantes devront être plus grosses mais il en résultera quand même une économie d'énergie. Il faut s'assurer de la possibilité d'ajouter de l'eau du côté aspiration des pompes, pour la pressurisation en été et pour compenser les pertes d'eau dans le cas d'un blocage des canalisations en hiver. (La dérivation peut également être ouverte pour les besoins de la lutte contre l'incendie.) La vanne de dérivation doit être peinte en couleur selon un code préétabli et il faudrait installer un clapet de retenue à la canalisation principale d'eau d'appoint, de sorte que la boucle ne puisse pas être court-circuitée dans le cas où la vanne de dérivation sera restée ouverte.

Les pompes doivent être calibrées pour répondre à la demande courante, lorsqu'il est probable qu'elles devront être changées avant que la demande prévue ne soit atteinte. Il faut s'assurer que le moteur des pompes est suffisamment puissant. Dans certains cas, il peut être possible de ne remplacer que le rotor si le moteur de la pompe est suffisamment puissant. La pompe doit être choisie en fonction du débit d'entrée par cheval-vapeur, et non uniquement d'après le rendement dans la plage de débit sélectionnée. Une pompe plus efficace peut ne créer qu'une charge superflue et donc provoquer plus de gaspillage que d'économie d'énergie. Deux boucles en parallèle et un groupe de pompes peuvent permettre plus d'économies que deux boucles séparées possédant chacune un groupe de pompes.

Les régulateurs de puissance peuvent permettre des économies d'énergie considérables lorsque les moteurs ne fonctionnent pas à pleine capacité. Ils permettent également un démarrage plus doux avec un appel de courant minimal, ce qui permet de travailler avec une génératrice d'appoint plus petite. Une protection contre les baisses de tension peut également être incluse dans ces dispositifs.

La fiabilité doit primer sur l'économie. Les économies réalisées peuvent être annulées par les coûts qu'entraînent les défaillances.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Les produits chimiques doivent être stockés et manutentionnés avec soin. La pièce contenant les produits chimiques doit être adéquatement ventilée. L'emplacement de la trousse de premiers soins, des douches oculaires automatiques doit être signalé.

Il faut expliquer l'utilisation des rupteurs de contact à la terre. Les systèmes de commande à 24 volts sont recommandés. Des tapis en caoutchouc devraient être installés devant les panneaux électriques et ceux-ci ne devraient pas se trouver à proximité des endroits où l'eau risque de s'accumuler. Il faut prévoir des rampes aux endroits appropriés et des surfaces anti-dérapantes.

Il faut tenir compte des effets de la négligence ou des erreurs. Par exemple, que se passerait-il si l'eau contenue dans le réservoir ou dans les canalisations en circuit fermé devenait trop chaude? Cela entraînerait-il le dégel du pergélisol? Installer des soupapes de sûreté sur les pompes du puits et les pompes à pression (de même que sur les chaudières et les canalisations des réseaux d'eau chaude), et indiquer le type et le calibre de ces vannes sur les plans. Cela permet d'éviter que la pompe brûle lorsqu'une vanne située en aval est fermée, et permet d'assurer que les vannes de rechange sont du modèle approprié. Éviter les vannes à fermeture rapide dans les endroits où il y a risque de coups de bélier. Utiliser des soupapes équilibrées et scellées qui ne nécessitent pas de réglage par l'opérateur, pour les systèmes à eau chaude ou dans la conduite d'évacuation de la pompe de lavage à contre-courant.

EXEMPLE DE CONCEPTION D'UN RÉSEAU DE CANALISATIONS

La figure 3 illustre un certain nombre des aspects dont nous avons traité jusqu'à maintenant et des mesures qui peuvent être prises pour faciliter l'exploitation et l'entretien d'une installation, et réduire les pertes dans un réseau de circulation d'eau. Dans ce schéma idéalisé, l'eau revient depuis la canalisation de distribution; le débit est mesuré par un compteur à ailettes à faible perte de charge, qui donne un relevé direct en mètres cubes par heure. De plus, le compteur est totalisateur, ce qui permet de contrôler le débit à long terme. Un compteur muni d'une dérivation est plus pratique et fiable qu'un compteur à blanc. La raison d'être de la dérivation est rendue évidente si elle est décalée de la canalisation principale et que le robinet est peint en rouge. L'interrupteur de débit qui commande l'avertisseur de faible débit est placé immédiatement après le compteur d'eau, ce qui rend le rapport plus apparent entre les deux dispositifs, et l'interrupteur est plus facile à vérifier et à régler. L'interrupteur de débit est placé en aval des robinets-vannes, ce qui permet de l'isoler pour le réparer tout en maintenant la pression dans le réseau. Les avertisseurs ne doivent pas avoir de dérivation.

Un indicateur de température à cadran inclinable est placé près des deux sondes de l'aquastat; plusieurs pieds de tube capillaire relient les sondes aux aquastats. Un des aquastats commande l'avertisseur de basse température et les autres commandent la vanne motorisée sur la canalisation d'eau de la chaudière vers l'échangeur de chaleur. L'indicateur de température et les sondes des aquastats sont placés dans des puits enduits de pâte thermique de façon à assurer un bon transfert de chaleur. Ils peuvent facilement être enlevés des puits, puis vérifiés et étalonnés en les immergeant dans l'eau glacée. La juxtaposition de ces deux dispositifs rend leur fonction commune plus évidente.

Les canalisations sont installées le long d'un mur, de sorte que le câblage menant à l'interrupteur de débit et aux aquastats est séparé du reste de l'installation. Un branchement pour tuyau souple posé directement sur la canalisation principale assure un point d'échantillonnage et de vidange.

Deux pompes sont installées en parallèle, pour assurer le remplacement en cas de défaillance. Les compteurs horaires dont sont équipées les pompes permettent à l'opérateur d'équilibrer facilement leur fonctionnement; les compteurs permettent également à un inspecteur de contrôler l'exploitation à long terme, pour s'assurer que les deux pompes sont employées et qu'elles ne fonctionnent pas pendant l'été. On recommande à l'opérateur de faire fonctionner les deux pompes régulièrement, car cela lui permet de savoir que la pompe d'appoint est en bon état. De plus, les moteurs doivent fonctionner suffisamment longtemps pour permettre le séchage des enroulements.

La pose de raccords flexibles à bride de chaque côté des pompes assure une protection contre l'effet de galvanisation et permet d'enlever les pompes plus facilement. Les tuyaux reliés aux pompes doivent être aussi courts que possible, pour réduire les pertes de charge. Les clapets de retenue installés sur les conduites d'évacuation des pompes empêchent les court-circuits et permettent à l'opérateur de laisser les robinets d'isolement ouverts sur la pompe d'appoint. Cela permet de passer plus facilement d'une pompe à l'autre, tel que recommandé.

Les manomètres placés des côtés aspiration et écoulement des pompes permettent à l'opérateur de contrôler le rendement de la pompe, facilitent le contrôle à long terme de l'état de la pompe et permettent la surveillance de la pression dans le réseau. Les manomètres isolés au moyen de clapets sphériques peuvent être enlevés à des fins d'essai ou de remplacement.

L'échangeur de chaleur est raccordé en parallèle à la boucle de distribution. Un robinet limiteur de débit limite, comme son nom l'indique, le débit dans l'échangeur de chaleur, tandis qu'un débitmètre à ailettes aide l'opérateur à interpréter ce qui se passe.

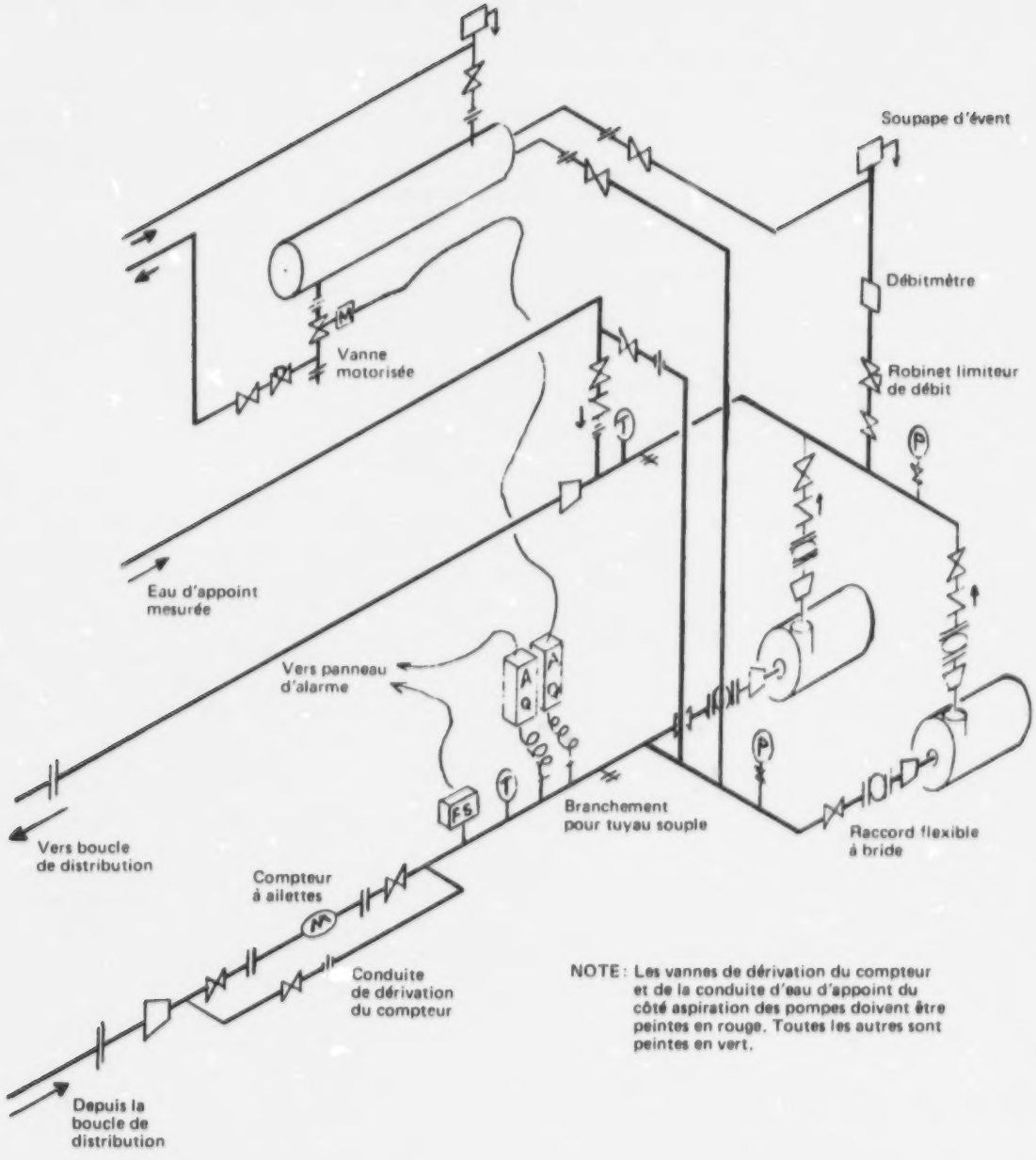


FIGURE 3 SCHÉMA DE LA TUYAUTERIE DU BÂTIMENT DES POMPES POUR UN RÉSEAU DE DISTRIBUTION À CIRCULATION D'EAU

Des indicateurs de température installés sur cette canalisation indiqueraient que de la chaleur a été ajoutée, mais ils pourraient être confondus avec un dispositif beaucoup plus important, l'indicateur de température de l'eau qui revient depuis la boucle de distribution. Une soupape équilibrée et une jauge d'écoulement pourraient remplacer le robinet limiteur de débit et le débitmètre, mais ce changement constitue un risque inutile d'endommagement.

Un indicateur de température installé sur la conduite en provenance des pompes permet à l'opérateur de surveiller la température de l'eau qui revient de la boucle de distribution. Il permet également une double vérification de la température d'admission lorsque aucune chaleur n'a été ajoutée. (Il n'est pas rare de constater que cet indicateur enregistre une température plus basse que le précédent.)

Un deuxième branchement pour tuyau souple peut servir de point d'échantillonnage, mais son but premier est d'assurer la vidange de la canalisation au-dessus des clapets de retenue ou la purge d'air lors du remplissage des canalisations. Ce dispositif permet de brancher un tuyau flexible qui mène jusqu'à un drain.

L'eau d'appoint est mesurée puis introduite à l'extrémité du réseau la plus éloignée en aval. Un compteur installé directement sur la canalisation de distribution en aval du point d'admission de l'eau d'appoint n'est pas recommandé; non seulement la présence d'un tel compteur constitue-t-elle une source de perte de charge onéreuse (plusieurs centaines de dollars par année dans de nombreux cas de circulation par "pitorifice"), mais l'évaluation de la consommation nécessite de mesurer la différence entre les quantités totales pompées selon les deux compteurs. Il s'agit d'une méthode ennuyeuse et peu précise, surtout lorsque l'eau consommée ne correspond qu'à une petite fraction de l'eau pompée. De plus, les débits d'été peuvent être insuffisants par rapport à la plage du compteur. Les compteurs sont importants pour déterminer le prix que doit payer le consommateur et ils constituent un dispositif de contrôle des fuites.

La canalisation passe ensuite à un diamètre plus grand pour le reste de la distance à couvrir dans le bâtiment des pompes. En principe, toutes les canalisations devraient être de ce même diamètre, mais l'espace et les coûts en capital obligent souvent le constructeur à faire un choix différent. On doit attacher une importance particulière aux pertes de charges qui se produisent à chaque raccord, et on doit tenter de maintenir les canalisations aussi droites et courtes que possible. L'utilisation de coudes à long rayon et l'élimination des tés et des coudes inutiles peuvent réduire considérablement les coûts de pompage.

Toutes les canalisations sont installées à au moins 20 cm du mur, ce qui laisse un espace de travail. La canalisation supérieure est décalée, de sorte que les gouttelettes de condensation ne tombent pas sur les jauges ou les commandes placées en dessous; de plus, la canalisation pourrait être isolée. Un purgeur d'air installé au point le plus élevé aide à prévenir l'accumulation d'air dans les canalisations, et permet également l'injection d'air quand vient le moment de vidanger les canalisations.

Bien sûr, cet exemple est bon dans une situation idéale; si le bâtiment ne dessert que quelques maisons, la complexité et l'importance des dispositifs d'appoint ne seraient pas justifiées. Lorsque l'espace dans le bâtiment des pompes est limité, certains compromis sur la disposition et le calibre des canalisations peuvent s'avérer nécessaires.

CONCLUSION

Après avoir terminé le plan initial, l'opérateur, des hygiénistes et des spécialistes de l'entretien devraient l'étudier avec d'autres ingénieurs en conception et en construction. Lorsque le plan est bien fait, sa mise en application tant du point de vue de la construction que de l'exploitation est plus facile. Des notes, des explications et des

schémas devraient apparaître sur les plans. Il importe de maintenir une bonne communication avec l'ingénieur en construction et le surintendant, de même qu'avec l'opérateur par la suite. Toutes modifications ultérieures peuvent être faites beaucoup plus facilement si les renseignements sur les débits prévus, les longueurs équivalentes ainsi que les courbes des pompes et du réseau sont inclus dans les plans.

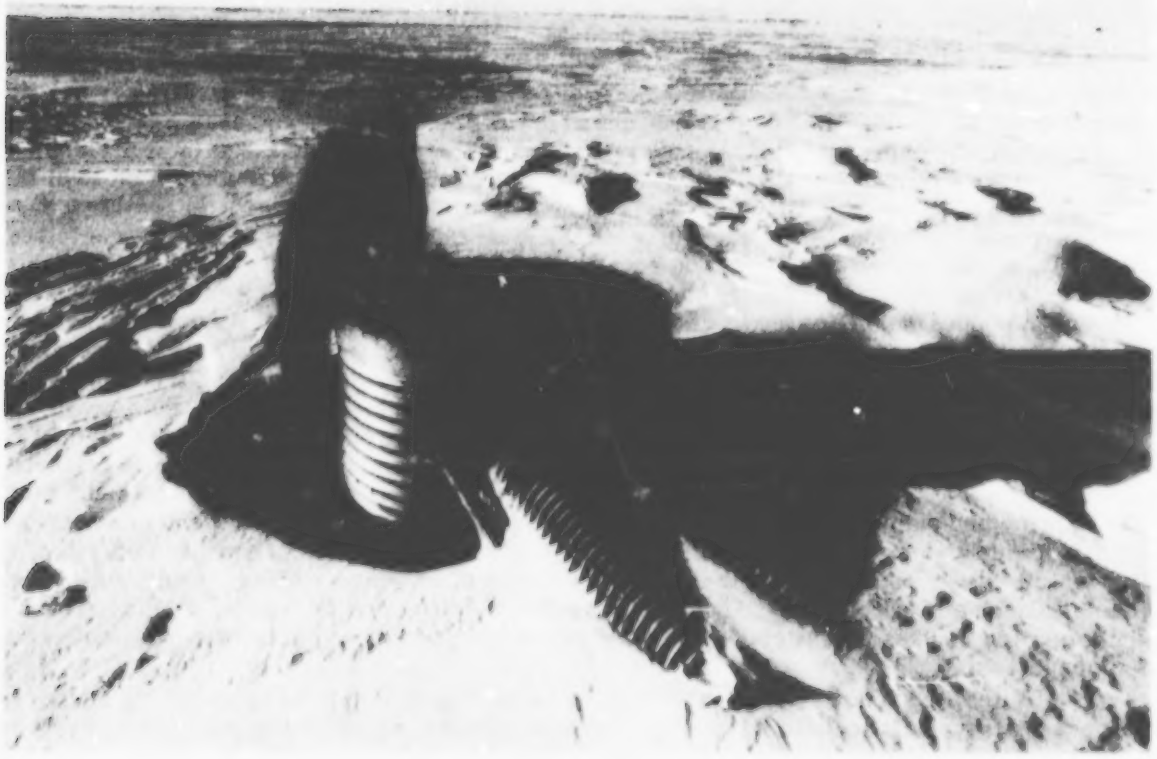


FIGURE 4 COFFRE DE POMPE DE PUITS À GAMBELL

Le puits est situé au bord du lac dans le gravier, et il est très peu profond. La construction d'un petit bâtiment n'est pas justifiée dans de telles conditions, mais des méthodes d'entretien rapides et faciles doivent être prévues. Une deuxième chemise de puits et quelques raccords de canalisation de plus pourraient permettre de brancher rapidement une pompe d'appoint et une conduite d'amenée en cas de panne de la pompe principale. En décembre 1981, le condensateur a sauté et la conduite d'amenée a gelé parce que le dispositif de chauffage ne fonctionnait pas. L'installation d'un thermostat avec avertisseur dans le coffre de la pompe aurait permis à l'opérateur de détecter le gel. Si la boîte de contrôle avait été placée à l'intérieur de l'usine de traitement de l'eau plutôt que dans le coffre de la pompe, le problème aurait pu être réglé plus rapidement.

Une exploitation et un entretien adéquats prolongent la durée de vie d'une installation. Les raccourcis ou les omissions qui peuvent d'abord sembler indifférents (comme l'emplacement d'un branchement pour tuyau souple), peuvent s'avérer très importants pour l'opérateur et la collectivité. Il faut penser à toutes les étapes que l'opérateur doit suivre pour faire fonctionner et assurer l'entretien d'une installation dans les meilleures conditions comme dans les pires. Songez à l'opérateur représenté à la figure 4: il peut devoir sortir une pompe en plein hiver. C'est alors à vous qu'il pensera.

ATELIER DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ SUR LES PROBLÈMES D'HYGIÈNE DU MILIEU DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET SUBARCTIQUES

William L. Ryan
OTT Water Engineers
Anchorage, Alaska

INTRODUCTION

L'atelier de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur les problèmes d'hygiène du milieu dans les régions arctiques et subarctiques avait pour but de permettre aux professionnels de la santé publique de partager leurs expériences et de recommander des solutions aux problèmes relatifs à l'approvisionnement en eau, l'élimination des déchets, la planification du logement et l'organisation des collectivités. L'atelier s'est tenu à Copenhague au Bureau régional de l'Europe de l'OMS. Le Bureau régional de l'Europe a conclu une entente avec l'Organisation panaméricaine de la santé (Bureau régional de l'OMS pour l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud), à l'effet que les régions arctiques et subarctiques nord-américaines (Alaska et Canada) relèvent du Bureau régional de l'Europe, afin d'assurer une certaine uniformisation des services dans toutes les régions arctiques du globe.

Cet atelier a été organisé à la suite d'une recommandation faite lors d'une réunion de planification de l'OMS en mai 1979. Les représentants du Canada, des États-Unis, du Danemark (Groenland), de la Finlande, de la Norvège, de la Suède et de l'URSS se sont réunis pour exposer les problèmes d'hygiène du milieu que connaissent leurs pays respectifs. À la fin de la réunion de planification, on s'est entendu pour recommander que l'OMS réunisse, aussitôt que possible, des groupes de discussion sur les problèmes d'hygiène du milieu dans les régions nordiques. À cause de la diversité des questions qu'il aurait fallu traiter et du temps qu'il aurait fallu y mettre, on a convenu d'organiser deux ateliers où les thèmes suivants seraient soumis à l'examen des participants:

1. L'approvisionnement en eau, les méthodes de traitement et de distribution; la collecte des déchets liquides et l'enlèvement des déchets solides, des méthodes d'épuration et d'élimination; la planification des installations et l'aménagement des agglomérations.
2. Les incidences sur l'hygiène du milieu des activités industrielles et minières; le contrôle des teneurs en produits chimiques toxiques des métaux lourds; vecteurs et insectes; épidémiologie, hépatite, etc., et la prestation des services publics de santé.

La rencontre d'août 1981 a justement été l'occasion de réunir le premier groupe de discussion.

Cet atelier a également fourni des renseignements au Bureau régional de l'Europe de l'OMS, dans le contexte de la "Décennie internationale de l'approvisionnement en eau et de l'aménagement sanitaire, 1981-1990", de l'Organisation des Nations Unies. L'objectif de l'ONU était de chercher à assurer à tous les habitants du globe un approvisionnement en eau potable et des services d'hygiène adéquats au cours de cette décennie.

Le Canada, les États-Unis, l'Union soviétique, le Danemark (Groenland), la Finlande et la Norvège ont participé activement au premier groupe de discussion; l'Australie et la Mongolie y comptaient des observateurs.

EXPOSÉ

Les régions arctiques et subarctiques se développent à un rythme rapide, car la recherche de nouvelles sources d'énergie et l'exploitation minière ont pris une dimension mondiale. Cette activité accrue multiplie les problèmes d'hygiène du milieu auxquels doit faire face la population tant immigrante qu'indigène. La plupart des maladies liées à l'environnement ont tendance à diminuer, mais leur incidence reste plus élevée dans le Nord que dans les régions situées plus au Sud. Les antibiotiques et la vaccination ont contribué à cette baisse, quoique celle-ci s'explique avant tout par l'amélioration des services sanitaires et des conditions de logement. Pour combattre ces maladies, il importe avant tout d'appliquer des mesures supplémentaires d'hygiène préventive, qui comprennent d'abord la sensibilisation des collectivités aux problèmes de santé publique. La dysenterie bacillaire et certaines affections des voies respiratoires sont actuellement en progression dans les régions nordiques. Les blessures et les morts accidentelles subissent également une hausse marquée: elles constituent à l'heure actuelle une cause de décès importante chez les autochtones de l'Alaska (~ 20 p. 100) et chez les Indiens et les Inuit du Canada (~ 35 p. 100). Dans le groupe d'âge des 15 à 24 ans, les cinq principales causes de décès sont par ordre d'importance: les accidents qui n'impliquent pas de véhicules automobiles, les suicides, les accidents automobiles, l'homicide et l'alcoolisme. Les incendies et les noyades constituent la majeure partie des accidents n'impliquant pas de véhicules automobiles.

L'aménagement des régions nordiques prend généralement la forme de petites agglomérations disséminées, ou de vastes complexes industriels comprenant aussi des logements. Dans l'un comme dans l'autre cas, une source d'approvisionnement en eau potable et l'élimination adéquate des déchets liquides et solides sont essentiels. La planification du développement de la collectivité et la construction d'habitations confortables influent également de façon déterminante sur la santé publique.

En ce qui concerne la prestation des services sanitaires, il existe certaines contraintes importantes dont il faut absolument tenir compte:

1. les lois, les règlements et les plans qui n'ont pas été conçus pour le Grand Nord doivent être adaptés ou refaits pour s'appliquer aux agglomérations septentrionales;
2. il faut tenir compte des basses températures et des mauvaises conditions du sol;
3. du coût extrêmement élevé de l'énergie;
4. il faut savoir que souvent, les petites agglomérations sont incapables de financer les installations nécessaires à une élévation maximale du niveau de la santé publique.

Ces facteurs doivent être sérieusement pris en considération lors de la planification, de la conception et de la construction des installations, afin d'assurer une amélioration acceptable de la santé publique sans qu'il en coûte trop cher à la collectivité. Tous les membres de la collectivité doivent pouvoir participer pleinement aux prises de décisions concernant le type et le degré de perfectionnement des installations qui seront aménagées.

RÉSULTATS

Les principales conclusions qui se dégagent du groupe de discussion sont les suivantes:

1. La planification de la santé publique et la conception des installations sanitaires devraient être exécutées en fonction des objectifs suivants, énumérés par ordre de priorité:

a) élever le niveau de la santé publique;
b) protéger l'environnement;
c) atteindre ces deux objectifs de la façon la plus économique possible.

2. Les petites collectivités des régions arctiques et subarctiques n'ont pas les moyens techniques ou financiers d'avoir recours à la technologie de pointe pour résoudre leurs problèmes sanitaires. Il est donc essentiel que les installations soient simples et que l'entretien et la consommation d'énergie soient réduits au strict minimum.
3. La capacité de régénération des régions arctiques et subarctiques est habituellement plus faible que celle des régions plus méridionales, surtout à cause de la rigueur du climat.
4. Le stress et les problèmes physiologiques qui l'accompagnent prennent de l'ampleur dans les collectivités indiennes à cause de la transformation rapide de leur mode de vie. La population migrante de l'Arctique souffre également du stress parce qu'elle doit s'adapter au changement de climat et aux variations de la longueur du jour.

RECOMMANDATIONS

Voici quelques-unes des recommandations importantes qui ont été faites par les participants:

1. L'OMS devrait encourager des études plus poussées sur la climatisation optimale, afin de réduire les maladies et les troubles des voies respiratoires. Les données à recueillir concernent l'espace vital requis, l'éclairage, la circulation et le renouvellement de l'air, la qualité de l'air à l'intérieur des habitations, la température et le degré d'humidité dans les maisons unifamiliales et les grands complexes d'habitation.
2. Le "Manuel d'aménagement des réseaux de services publics en climat froid" élaboré par des ingénieurs en Alaska et au Canada, devrait servir de guide pour la construction de toutes les installations sanitaires dans les régions arctiques et subarctiques. Il a également été recommandé d'insérer dans les chapitres appropriés du manuel les résultats des expériences effectuées au Groenland et en Union soviétique.
3. Les matériaux utilisés pour la construction d'habitations dans les régions arctiques et subarctiques doivent être soigneusement examinés et sélectionnés en fonction de la durée de leur vie utile et du potentiel d'émissions nocives. Celles-ci peuvent avoir un effet beaucoup plus prononcé sur la santé des habitants des régions froides qui passent davantage de temps à l'intérieur, sans compter que les maisons sont conçues de manière à réduire au minimum les échanges d'air pour réaliser des économies d'énergie.
4. L'OMS devrait encourager la collecte de données qui permettent d'évaluer le rapport entre la réduction des frais médicaux et le coût des améliorations apportées à l'environnement, compte tenu du niveau des services assurés.

CONCLUSION

Le rapport complet du groupe de discussion sera bientôt publié par l'OMS. Il contient de nombreuses observations et recommandations concernant la planification des agglomérations, l'approvisionnement en eau, l'élimination des déchets liquides et solides et les conditions de logement, qui n'ont pu être approfondies dans le présent rapport.

INCIDENCE DES CONDITIONS DE LOGEMENT ET D'HYGIÈNE PUBLIQUE SUR LES MALADIES CONTAGIEUSES DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST

J.D. Martin
Ministère de la Santé et du Bien-être social
Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest

ORGANISATION DES SERVICES DE SANTÉ

Avant de brosser le tableau des progrès réalisés dans le domaine des soins de la santé dans les Territoires du Nord-Ouest, il serait utile d'examiner l'évolution des services de santé au cours des années. Il ne fait aucun doute que, mis à part les facteurs socio-économiques, la baisse des taux de morbidité et de mortalité est en majeure partie attribuable à l'amélioration générale des services de santé.

Le Service de santé du Nord a été créé en 1954 au sein du ministère de la Santé et du Bien-être social, pour assumer les responsabilités du gouvernement fédéral en matière de soins médicaux dans les Territoires du Nord-Ouest et au Yukon, et prendre en charge certaines responsabilités des gouvernements territoriaux.

Le Service de santé du Nord veille à l'application d'un programme de santé publique concernant tous les résidents des Territoires du Nord-Ouest. Le programme s'intéresse aux points suivants: l'ouverture de cliniques d'accouchement et de pédiatrie, la lutte contre les maladies contagieuses, la surveillance des services d'eau et d'hygiène, l'inspection des établissements où l'on prépare des denrées alimentaires, les visites à domicile d'infirmiers ou infirmières de la santé publique, la formation de personnel sanitaire et un programme d'information en matière d'hygiène.

En outre, le Service de santé du Nord administre un service de traitement destiné avant tout aux autochtones qui sont directement à la charge du gouvernement fédéral, mais dont peut aussi se prévaloir le reste de la population.

De 1954 à 1966, le Service de santé du Nord fut dirigé par les bureaux régionaux d'Edmonton, de Winnipeg et d'Ottawa. Les frontières provinciales qui avaient été établies pour des raisons d'ordre administratif dans le cadre du Programme de santé des Indiens ont simplement été repoussées vers le nord. C'est en avril 1966 qu'était mise sur pied la Direction des services médicaux de la Région du Nord, relevant du ministère de la Santé et du Bien-être social, avec son siège à Edmonton et la responsabilité des services de santé au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest. En 1974, le Yukon devenait une région distincte et un bureau central était établi à Whitehorse. La Région du Nord a alors pris le nom de Région des Territoires du Nord-Ouest et le bureau régional a été transféré d'Edmonton à Yellowknife en 1980.

Au cours de ces années, le développement des services de santé des Territoires du Nord-Ouest a été considérable. À l'heure actuelle, on compte environ 550 employés sanitaires fédéraux. Le ministère de la Santé et du Bien-être social dirige quatre hôpitaux dont les hôpitaux généraux de Frobisher et d'Inuvik, et les deux petits hôpitaux de Rae Edzo et Fort Simpson, trente-neuf postes de soins infirmiers, huit centres médicaux et un certain nombre de postes sanitaires. La responsabilité des soins médicaux est partagée avec le ministère de la Santé des T.N.-O. Celui-ci gère directement deux hôpitaux, le Stanton Yellowknife et le centre médical de Fort Smith et, indirectement, l'hôpital général de Hay River. En outre, il administre un régime d'assurance-hospitalisation et d'assurance-maladie, un programme de promotion de la santé et des programmes complémentaires de santé comme la gratuité des médicaments aux résidents de 65 ans et plus.

Une telle activité et un développement aussi considérable des services de santé auraient dû entraîner une baisse sensible des taux de morbidité et de mortalité. Il y a eu en fait des améliorations sensibles dans plusieurs domaines. Malheureusement, certains résultats ne sont pas aussi encourageants que d'autres, et la réduction spectaculaire du nombre de cas de tuberculose et de mortalité infantile a été neutralisée par une forte augmentation des taux de morbidité et de mortalité attribuables aux accidents, blessures, voies de fait et suicides.

Tuberculose. Il est probable que la baisse constante des cas de tuberculose est due à de nombreux facteurs, dont l'amélioration des méthodes de dépistage et le traitement prophylactique des personnes qui sont en contact avec les malades. L'introduction, en 1968, d'un système informatique de surveillance dans le cadre de la lutte contre la tuberculose dans les T.N.-O. a largement contribué à l'efficacité du programme de lutte contre cette maladie. Il semblerait toutefois que l'incidence des cas de tuberculose évolutive n'a pas diminué aussi rapidement qu'au début des années 1970. De nombreuses hypothèses ont été avancées, mais il se pourrait que cette situation s'explique par l'entassement des familles dans les logements et la mauvaise qualité de la construction. Par ailleurs une observation s'impose, compte tenu du fait maintenant admis qu'une meilleure alimentation contribue largement à l'augmentation de l'espérance de vie et que l'incidence de la tuberculose ne pourra pas diminuer tant et aussi longtemps que de multiples facteurs, y compris l'habitation et l'alimentation, n'auront pas été sensiblement améliorés.

Il est généralement reconnu que les autochtones manquent énormément d'information en matière de nutrition. Cette situation est d'autant plus déplorable qu'avant l'introduction dans les collectivités du Nord des aliments commerciaux consommés dans le Sud, les autochtones avaient un régime alimentaire bien équilibré, composé essentiellement des produits de la chasse et de la pêche. À l'heure actuelle, des efforts considérables sont déployés pour apprendre aux autochtones à mieux s'alimenter grâce à une meilleure connaissance des principes nutritifs de base et par l'emploi, dans la mesure du possible, de produits indigènes auxquels viennent s'ajouter au besoin des aliments achetés au magasin (figures 1 et 2).

Dysenterie bacillaire et hépatite infectieuse. On serait sans doute en droit de croire que l'incidence de la dysenterie bacillaire a considérablement diminué grâce à l'amélioration notable des conditions d'hygiène dans nombre d'agglomérations des Territoires; malheureusement il n'en est rien (figure 3). Les nombreux cas signalés en 1975 sont apparus sous forme d'épidémies plus ou moins graves, dans plusieurs petites agglomérations où l'approvisionnement d'eau est insuffisant. Les caractéristiques de chaque épidémie ont été étudiées et, en aucun cas, la propagation de la maladie n'a pu être attribuée à la contamination des réserves d'eau. Le problème semble plutôt relié au manque d'eau et donc d'hygiène personnelle, et dépendre de la propagation des contaminants fécaux à l'intérieur du groupe. Il ne fait aucun doute que l'amélioration des logements et des installations sanitaires aiderait beaucoup à corriger la situation.

La très forte augmentation des cas d'hépatite virale A qui a eu lieu au milieu des années 1970 est due à une recrudescence soudaine de cette maladie dans l'Arctique oriental à la fin de 1973. L'infection s'est propagée rapidement et, en mai 1974, toutes les agglomérations avaient enregistré au moins un cas d'hépatite virale, tandis qu'à certains endroits la population entière a été atteinte (figure 4). En juillet 1974, les premiers cas sont apparus à Coral Harbour dans le Keewatin. À partir de là, la maladie a gagné Repulse Bay puis Rankin Inlet et, en octobre, comme il fallait s'y attendre, elle a pris d'assaut Eskimo Point.

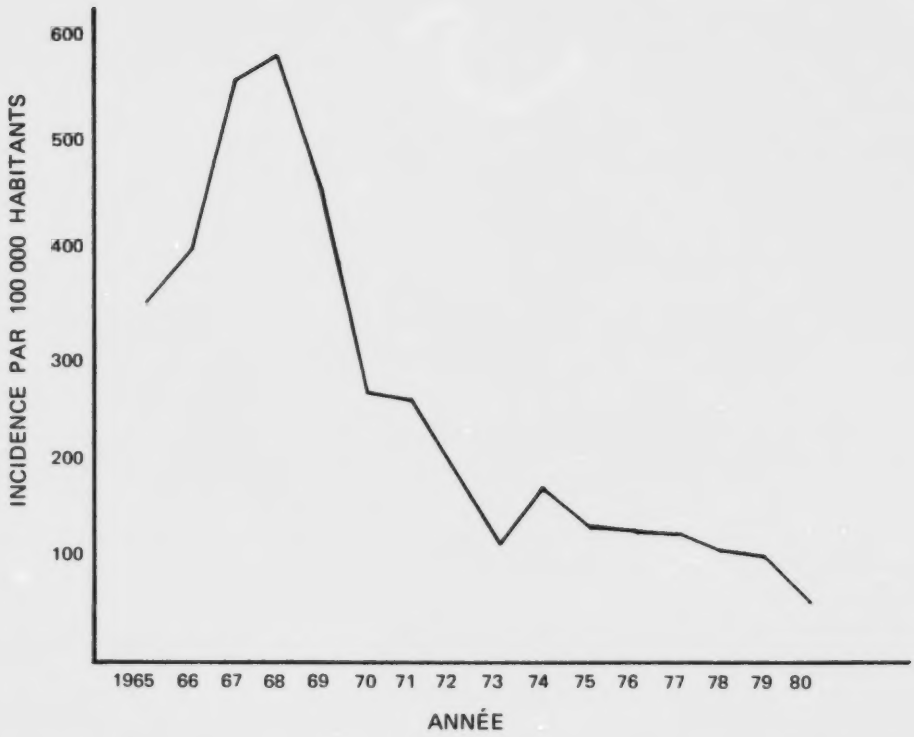


FIGURE 1 INCIDENCE DE LA TUBERCULOSE DANS LES T.N.-O. ENTRE 1965 ET 1980

L'administration de gamma-globulines aux résidents d'Eskimo Point a donné des résultats plutôt décevants. Il est difficile de comprendre l'échec de cette forme de traitement prophylactique, qui s'avère habituellement efficace. Mais on peut se demander si (étant donné l'insuffisance de l'approvisionnement en eau et des méthodes d'élimination) les quantités de micro-organismes transmis n'étaient pas élevées au point d'annuler le degré de protection normalement assuré par les gamma-globulines. À la fin de 1974, l'incidence de la maladie avait considérablement diminué dans le Keewatin et l'île de Baffin, et il n'y avait aucun signe annonciateur d'épidémie grave dans les zones occidentales. On estime que l'hépatite virale ne devrait plus se manifester avant le milieu des années 1980 dans le Keewatin ou l'île de Baffin, l'immunité acquise étant forte et durable, et le taux d'infection ayant été très élevé dans la majorité des localités.

Des preuves récentes indiquent un taux élevé d'hépatite virale B, à l'état endémique dans de nombreux groupes indiens et inuits des Territoires du Nord-Ouest. Les recherches se poursuivent afin de découvrir les facteurs qui pourraient être à l'origine de cette situation.

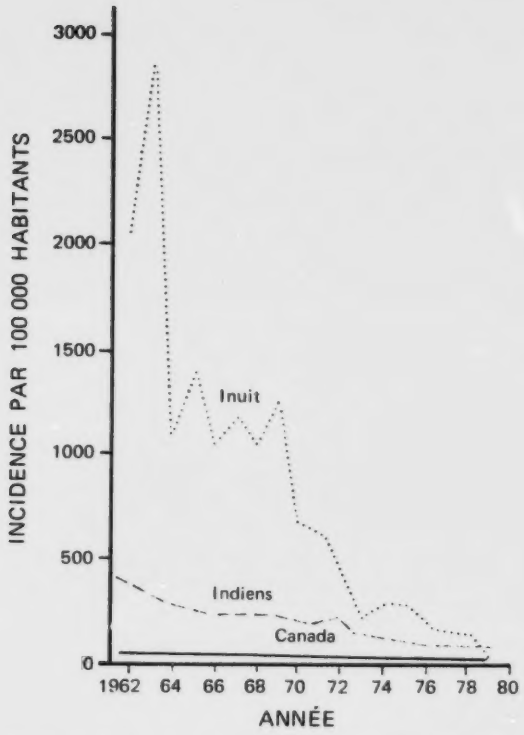


FIGURE 2 NOUVEAUX CAS DE TUBERCULOSE ET REPRISE ÉVOLUTIVE CHEZ LES INDIENS ET LES INUIT PAR RAPPORT À LA MOYENNE CANADIENNE

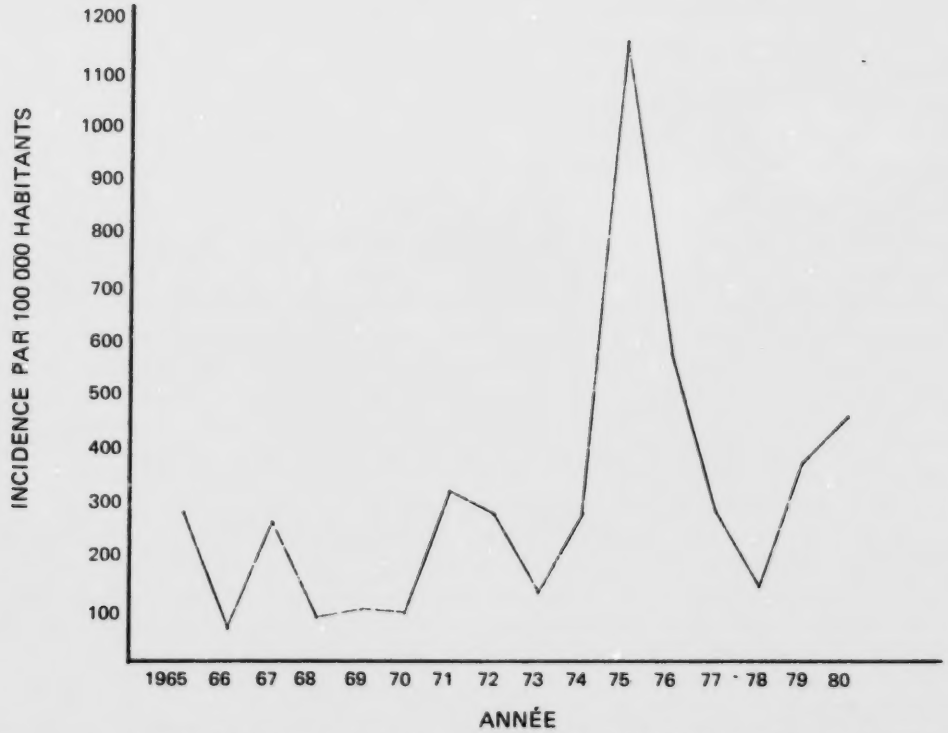


FIGURE 3 INCIDENCE DE LA DYSENTERIE BACILLAIRE ENTRE 1965 ET 1980

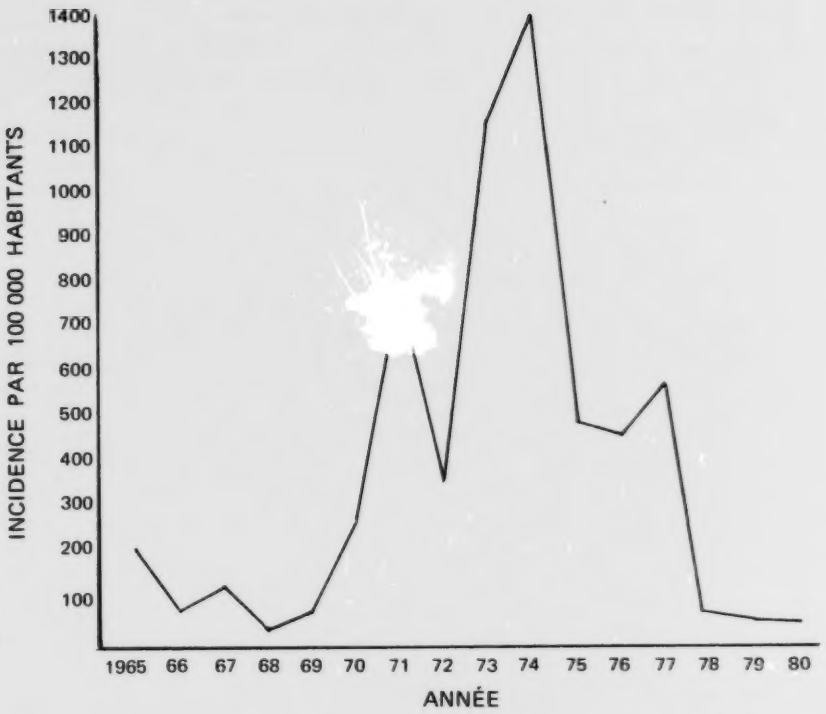


FIGURE 4 INCIDENCE DE L'HÉPATITE VIRALE ENTRE 1965 ET 1980

Le manque d'hygiène personnelle est considéré comme une des causes de ces poussées de la maladie. De plus, dans certaines localités, les autochtones persistent à consommer l'eau provenant de sources contaminées, en dépit d'avertissements répétés. Les résidents, surtout les personnes âgées, expliquent généralement leur attitude en disant qu'ils n'aiment pas l'eau chlorée car, à leur avis, elle altère considérablement la saveur du thé. Il ne faut pas oublier non plus que l'ignorance des causes de propagation contribue à la multiplication de ces maladies, et il faut espérer que les efforts concertés en vue d'inculquer des notions d'hygiène préventive finiront par être fructueux.

Streptococcie. Depuis nombre d'années, on constate une forte incidence de streptococcie, notamment dans le nord du district du Mackenzie. Il semble que cette situation coïncide avec les modifications survenues dans le style d'habitations autochtones, maintenant calquées sur les modèles du sud. On peut penser qu'il y a là une relation de cause à effet. L'entassement des familles est considéré comme un facteur capital dans la transmission des maladies et il est indéniable qu'il joue un certain rôle et pourtant, à mesure qu'il diminue, la situation semble s'aggraver.

Sans doute le facteur le plus important reste le chauffage excessif des grandes habitations. Étant donné la quantité considérable d'air contenu dans les pièces, le degré d'humidité tombe à des niveaux extrêmement bas, au point d'altérer gravement l'épithélium respiratoire en réduisant les sécrétions et l'activité ciliaire (déjà amoindries par l'usage du tabac), et de dérégler les mécanismes locaux d'immunité cellulaire.

Pour supprimer ces effets, le taux d'humidité de l'air ambiant devrait être plus élevé. Il faudrait peut-être reconsidérer la tendance à construire des maisons toujours plus grandes. Il faudrait aussi décourager l'usage des grandes baies vitrées, même étanches, car elles favorisent la déperdition de chaleur et donnent une sensation de refroidissement lorsque le soleil se couche. Les pertes d'humidité par condensation sur les vitres froides pourraient être atténuées par l'adoption généralisée de triples fenêtres. La déperdition de chaleur causée par une isolation insuffisante et des portes mal ajustées doit être corrigée dans les bâtiments neufs et anciens. Il convient d'encourager les habitants à régler leurs thermostats entre 18 et 20 degrés Celsius plutôt qu'entre 25 et 30 degrés, comme c'est souvent le cas. L'humidification artificielle ne devrait pas être envisagée avant que toutes ces mesures aient été appliquées. Il semble que seules ces mesures sont de nature à renverser la tendance à la multiplication des troubles respiratoires.

Le taux des décès causés par les incendies reste élevé dans les Territoires du Nord-Ouest et, dans certains cas, il peut être attribué à des erreurs de conception et de construction des habitations (figure 5).

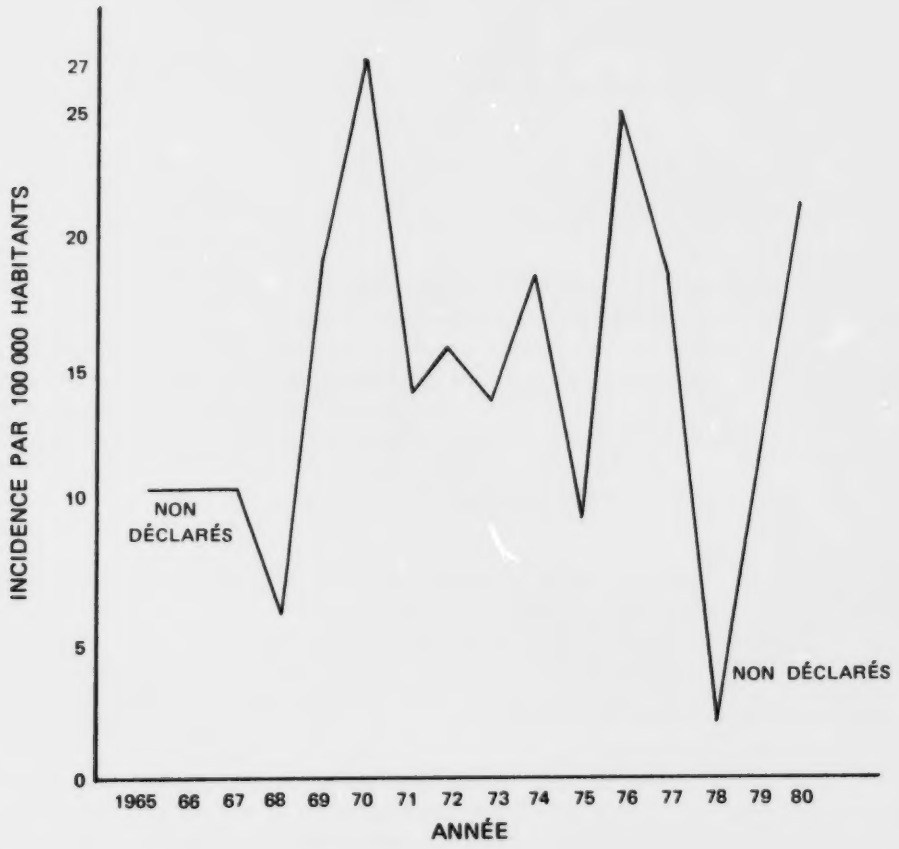


FIGURE 5 NOMBRE DE DÉCÈS DUS AUX INCENDIES ENTRE 1965 ET 1980

NORMES MINIMALES DE CONSTRUCTION DANS LES AGGLOMÉRATIONS NORDIQUES

Le Comité d'hygiène de l'habitation de l'Association américaine pour la santé publique a fixé, il y a nombre d'années, certaines normes qui définissent l'habitation salubre:

a. Besoins physiologiques fondamentaux:
   1) une ambiance thermique permettant d'éviter une déperdition de chaleur excessive du corps humain;
   2) une ambiance thermique permettant une déperdition de chaleur suffisante du corps humain;
   3) une atmosphère raisonnablement pure quant à la composition chimique;
   4) un apport suffisant de lumière du jour, mais sans éblouissement excessif;
   5) la lumière du jour doit pénétrer directement dans l'habitation;
   6) un éclairage artificiel approprié, sans éblouissement excessif;
   7) une protection contre le bruit excessif, et
   8) l'espace requis pour l'exercice et les jeux des enfants.

b. Besoins psychologiques fondamentaux:
   9) la possibilité pour l'individu de se retirer;
   10) la possibilité de mener une vie familiale normale;
   11) la possibilité de mener une vie collective normale;
   12) des installations permettant d'accomplir les tâches ménagères sans fatigue physique et mentale excessive;
   13) des installations nécessaires à l'entretien de l'habitation et à l'hygiène individuelle;
   14) la possibilité de satisfaire à certains besoins esthétiques à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation;
   15) la conformité avec les critères sociaux de la collectivité locale.

c. Protection contre la contagion:
   16) l'habitation doit bénéficier d'une source sûre d'approvisionnement en eau potable;
   17) le système d'approvisionnement en eau doit être protégé contre les risques de contamination à l'intérieur de l'habitation;
   18) les cabinets de toilette ne doivent pas favoriser la transmission des maladies infectieuses.
   19) une protection contre la contamination par les eaux usées des surfaces intérieures de l'habitation;
   20) la suppression, le cas échéant, des conditions insalubres autour de l'habitation;
   21) l'élimination à l'intérieur de la vermine qui peut être un agent de transmission des maladies;
   22) des appareils permettant de préserver la fraîcheur du lait et des autres aliments;
   23) un nombre suffisant de pièces de séjour et de chambres à coucher, ce qui minimise les risques de contagion.

d. Protection contre les accidents:
   24) l'emploi de matériaux et de méthodes de construction permettant de minimiser les risques d'accidents attribuables à l'effondrement d'une partie de la structure;
   25) le contrôle des conditions pouvant être à l'origine des incendies et de leur propagation;
   26) les issues nécessaires en cas d'incendie;

27) des mesures de protection contre les risques de chocs et de brûlures par l'électricité;
28) des mesures de protection contre l'asphyxie par le gaz;
29) des mesures de protection contre les chutes et autres blessures qui peuvent survenir à l'intérieur des habitations;
30) des mesures de protection contre les dangers de la circulation automobile dans le voisinage.

Pour le Nord, il convient d'ajouter à cette liste des mesures de protection contre les chiens. Ces normes semblent-elles trop élevées pour les populations des agglomérations nordiques? Tout au contraire, il faut admettre que les habitations du Nord doivent être de qualité supérieure à celles du Sud, étant donné que les résidents, et surtout les enfants, doivent passer tellement de temps à l'intérieur.

L'incendie est un problème très grave dans le Nord, surtout en raison du coût de remplacement des bâtiments et du matériel. C'est pourquoi les bâtiments en bois doivent être suffisamment éloignés les uns des autres. Par contre, cela signifie qu'il faut aménager les services d'utilité publique sur de plus grandes distances, ce qui coûte plus cher.

Malgré les améliorations sensibles apportées aux constructions du Nord, les autochtones ont encore un chemin considérable à parcourir avant de bénéficier des conditions de salubrité courantes chez leurs concitoyens du sud. Si les autochtones des agglomérations nordiques ne peuvent jouir d'installations équivalentes à celles des Canadiens du Sud pour ce qui est de l'hygiène personnelle, le lavage des vêtements ainsi que l'évacuation des excréments, ils ne pourront jamais maîtriser leurs problèmes de salubrité. Seuls les enseignants et infirmiers de ces régions sont à même de constater jusqu'à quel point les enfants autochtones sont victimes de maladies de peau comme la gale et de parasites comme les poux, faute d'installations sanitaires et d'hygiène personnelle suffisantes.

Lorsqu'on planifie un programme de logement pour les autochtones du Nord, il ne suffit pas simplement de prévoir un abri chaud. Il faut aussi prévoir assez d'espace pour dormir, préparer les repas, manger et se divertir. L'intimité des adultes doit être préservée et en particulier celle des adolescents, surtout ceux qui ont besoin de calme et de tranquilité pour étudier. Il ne faut pas croire que l'adolescent autochtone a tout à fait l'habitude de se vêtir, de se dévêtir et de dormir dans la même chambre que ses parents et ses jeunes frères et soeurs. Il ne fait aucun doute que les autochtones connaissent et désirent les mêmes conditions de vie et d'intimité, d'hygiène et de décence que la plupart des autres Canadiens qui jugent ce mode de vie essentiel.

Il est vraisemblable que la piètre qualité du logement entraîne des conséquences plus difficilement mesurables comme l'alcoolisme, les ruptures familiales et un grand nombre des problèmes sociaux qui sont inévitablement suscités par l'entassement des familles. Évidemment, bien d'autres causes sont à l'origine de l'incidence élevée de ces problèmes mais le rôle du facteur logement devrait être sérieusement pris en considération.

ACTION DES AGENTS D'HYGIÈNE DU MILIEU DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST

La surveillance exercée par les agents d'hygiène du milieu a une influence très appréciable. À l'heure actuelle, dix de ces agents travaillent dans les Territoires du Nord-Ouest. Ils ont largement contribué à diffuser les méthodes visant à prévenir la propagation des maladies contagieuses. Des efforts concertés sont actuellement déployés en vue de

faire connaître, sur une base individuelle et collective, les mesures à prendre pour prévenir une épidémie des maladies contagieuses courantes. Les agents travaillent en collaboration étroite avec les ministères du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, les organismes fédéraux, les municipalités et le secteur privé en fournissant des services de consultation, de surveillance et de contrôle à long terme pour toutes les questions de nature environnementale. Les services d'inspection en matière de protection de l'environnement et d'hygiène du milieu ont adopté une approche globale pour répondre aux exigences formulées dans les ordonnances et règlements, les lois fédérales et internationales et leurs règlements d'application, de même que les règlements locaux concernant la santé publique.

Ces services comprennent, entre autres, la gestion des aspects techniques de l'hygiène publique dans le cadre de l'aménagement des agglomérations, comme la distribution et le traitement de l'eau potable, l'épuration des eaux usées, la collecte et l'élimination des déchets, ainsi que la construction commerciale et domestique. Le programme comporte l'examen des études de faisabilité, des projets, plans et devis mis au point par les ministères des gouvernements territoriaux, les municipalités, les ingénieurs-conseils et les planificateurs. De plus, un ingénieur-conseil en techniques sanitaires collabore avec les services responsables de la santé.

Il s'agit essentiellement de travailler en collaboration étroite avec les organismes et les particuliers dont les fonctions ont un impact sur la santé publique, de les informer au sujet des pratiques qui peuvent contribuer à réduire les dangers auxquels sont exposés les usagers des services publics. L'importance de l'observation des règlements est mise en évidence par l'application de méthodes d'éducation. Toutefois, des mesures coercitives peuvent être employées lorsque les règlements sont enfreints constamment et sans raison valable.

IMPORTANCE DES ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES POUR LA SANTÉ D'UNE COLLECTIVITÉ

On ne saurait trop insister sur l'importance de ces installations. L'incidence élevée des troubles affectifs, des accidents, blessures et voies de fait, de l'inhalation d'essence et de colle peut être au moins partiellement attribuée au manque d'activités récréatives dans les petites localités (figures 6 et 7). Dans les Territoires du Nord-Ouest, les coordonnateurs de la santé mentale ont comme principale tâche de travailler, de concert avec les collectivités, à mettre au point des méthodes positives de prévention des maladies mentales. Ils encouragent les collectivités à se ménager des lieux de rencontre comme les salles de réunion, restaurants et cinémas, ou à utiliser efficacement les gymnases d'écoles, piscines et autres endroits propices aux activités récréatives, et à organiser des activités de groupe pour les adultes et les enfants. Quoique la majorité des maux sociaux auxquels il est fait allusion plus haut résultent d'autres causes comme le chômage, les difficultés d'acculturation, etc., l'organisation d'activités récréatives au sein des petites collectivités peut certainement contribuer à diminuer l'incidence de ces troubles du comportement. Des installations adéquates gérées à temps partiel ou à temps plein par un directeur des loisirs auraient certainement une influence positive sur le milieu social des agglomérations nordiques.

CONCLUSION

Les principales maladies pouvant être reliées à de mauvaises conditions de logement et d'hygiène ont été passées en revue. La multiplicité des facteurs qui influent

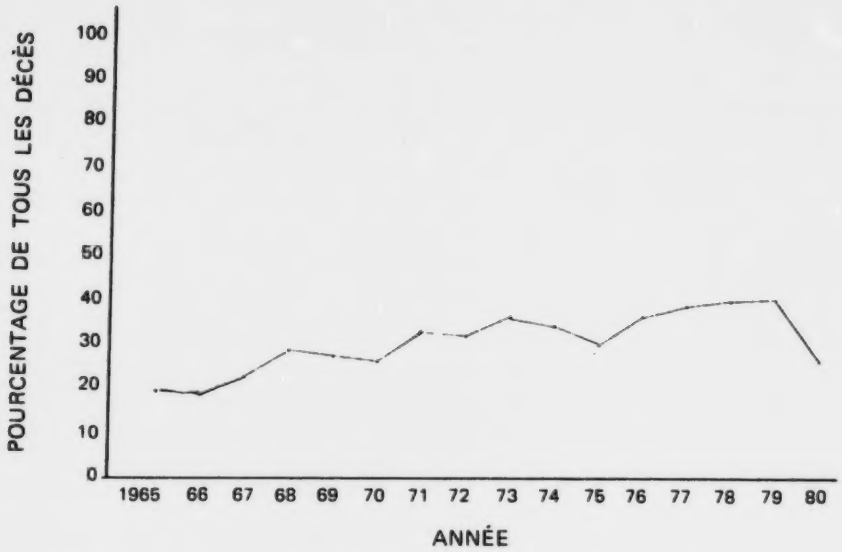
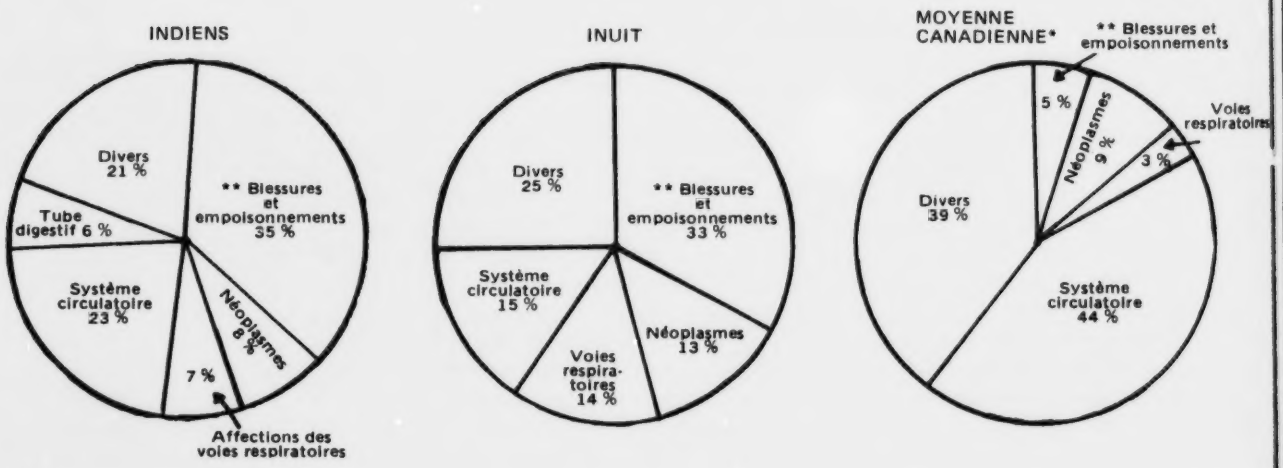


FIGURE 6 DÉCÈS PAR ACCIDENT, BLESSURES OU VOIES DE FAIT DANS LES T.N.-O ENTRE 1965 ET 1980 - POURCENTAGE DE TOUS LES DÉCÈS



*Statistique Canada, 1978
** Avant 1979 on disait "accidents, empoisonnements et voies de fait"

FIGURE 7 RÉPARTITION PROPORTIONNELLE DES PRINCIPALES CAUSES DE DÉCÈS EN 1979

sur ces affections ne permet pas de voir dans les conditions d'insalubrité la seule explication possible. Il n'en reste pas moins que toute atténuation importante de l'incidence de ces maladies ne saurait se produire sans des améliorations apportées aux conditions de logement et aux services sanitaires.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Annual Reports on Health Conditions in the Northwest Territories 1865-1980, Direction des services médicaux de la Région du Nord, ministère de la Santé et du Bien-être social, Yellowknife, T.N.-O.

Willis, John S., Northern Housing and Health (inédit) juin 1960.

L'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS CONTRIBUE À RÉDUIRE LE COÛT DES SOINS DE SANTÉ

Hamish C.R. Gavin
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Cette étude porte sur le Nord manitobain; elle traite plus particulièrement des réserves indiennes situées au nord du 53° N et de la rivière Winnipeg, à l'est du lac Winnipeg. Cette région compte environ trente agglomérations dont la population varie de moins de 50 à 3000 habitants, pour une population totale de 40 000 habitants.

Malgré des variantes considérables, une collectivité type se compose de trois groupes distincts:

1. les membres de bandes indiennes ou Indiens inscrits;
2. les métis ou Indiens non inscrits;
3. des employés du secteur tertiaire, qui ne sont généralement pas de souche indienne.

Les membres des bandes indiennes vivent en général dans les limites de la réserve; les métis ou Indiens non inscrits vivent pour la plupart juste à l'extérieur de la réserve, tandis que les employés des services vivent dans une zone désignée, facilement repérable, au centre de l'agglomération ou tout à côté, dans la réserve ou à l'extérieur. La majorité des agglomérations étudiées se situent dans le Bouclier canadien, dans la région de la forêt boréale, où les hivers sont remarquablement longs et froids, les étés courts et chauds. La plupart de ces agglomérations se trouvent à proximité de lacs et cours d'eau importants, pour des raisons d'ordre géographique et historique. Les occupations traditionnelles sont la pêche, le trappage et la chasse, qui ont beaucoup changé mais n'ont pas disparu avec la transformation des moyens de transport et de communication, l'éducation moderne, le développement économique et technologique. Plusieurs collectivités ont eu à subir les conséquences d'aménagements hydroélectriques d'envergure; d'autres n'ont pas encore pris pleinement conscience des effets possibles des précipitations acides, de l'augmentation dans les nappes et cours d'eau des concentrations de mercure et autres substances chimiques, notamment les métaux lourds et les produits chimiques organiques. À cause de l'influence combinée de facteurs géologiques, climatiques et géographiques, cette région est particulièrement touchée par la situation.

Malgré les intrusions et les contraintes que les Indiens durent subir sur de longues périodes parfois, et qui ont influé sur leurs valeurs et sur leur mode de vie traditionnels, les collectivités ont conservé leur identité linguistique, tribale et culturelle; elles ont récemment manifesté leur volonté de participer à l'évolution politique et administrative des organisations autochtones. Dans la région considérée, l'exercice accru du droit de vote dû aux poussées démographiques et à la politisation des résidents a amené les collectivités à revendiquer plus explicitement leur autonomie, et les gouvernements provinciaux et le gouvernement fédéral à prendre conscience des graves problèmes économiques et sociaux auxquels font face ces groupes de population.

D'une manière générale, le gouvernement n'ignore pas ces transformations et il ne manque pas de renseignements sur les agglomérations indiennes et leurs résidents. Les Indiens se considèrent habituellement eux-mêmes comme le groupe de population le mieux étudié et analysé au Canada. Quoi qu'il en soit, ces études et enquêtes sont à l'origine des

améliorations apportées par le ministère des Affaires indiennes et inuites du Manitoba aux programmes suivants: logement, création d'établissements scolaires, de lieux de réunion et de récréation, mise sur pied de services de santé, de protection policière, de sécurité incendie, de réseaux d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées, pour n'en mentionner que quelques-uns. Un grand nombre de ministères et d'organismes fédéraux et provinciaux ont collaboré à divers programmes visant en général l'amélioration des conditions de vie et le développement économique. Cependant, force est de constater que les conditions de vie dans les agglomérations ne se sont pas véritablement améliorées en dépit des millions de dollars dépensés et des bonnes intentions manifestes.

Avant le milieu des années 1960, les politiques gouvernementales, notamment celles du ministère des Affaires indiennes et du Nord et de Santé et Bien-être social Canada n'avaient guère évolué depuis leur adoption, si l'on excepte quelques modestes améliorations dans le financement, les méthodes et les techniques. Cette période est plutôt caractérisée par un manque de constance, de coordination et de fonds adéquats. Au mieux, on pourrait dire que les intentions étaient excellentes mais la conception déficiente. Au pire, et il y a là encore une source persistante de conflits et de méfiance, les programmes étaient entachés de parternalisme et de condescendance. L'absence (voulue ou non), de consultation avec les représentants des collectivités indiennes, ou le manque d'intérêt de la part de celles-ci a caractérisé nombre de décisions concernant la santé et le bien-être de ces populations. Il importe de souligner que les Indiens n'étaient pas alors la seule minorité qui soit traitée de la sorte. Toutefois, au milieu des années 1960, en raison de transformations sociales importantes accompagnant une conscience socio-écologique croissante, les Indiens en tant que groupe minoritaire et les collectivités indiennes à titre de groupes défavorisés ont soudainement été la cible de toute une série de programmes destinés à réparer les injustices sociales et économiques qui leur avaient été faites.

Heureusement, cela se passait en période de prospérité économique, à une époque où le financement des programmes gouvernementaux était relativement généreux. En outre, les plus importants programmes de levés et de cartographie des principales ressources étaient à leur apogée ou ils étaient sur la bonne voie. Citons la cartographie forestière, l'inventaire des terres du Canada, les études sur l'utilisation des terres et sur les bassins hydrographiques, disponibles pour la planification de conditions économiques améliorées pour les collectivités indiennes. Le Programme ARDA de même que des programmes complémentaires avaient été mis sur pied, ce qui a conduit au Programme spécial de l'ARDA, destiné aux Indiens et aux métis. Les développements ultérieurs comprennent l'entente canado-manitobaine sur les terres septentrionales, prévoyant le financement conjoint par les gouvernements provincial et fédéral des voies d'accès aux grandes routes, des pistes d'atterrissage et des services publics; l'infortuné Programme de relance qui devait soutenir la recherche sociale et économique nécessaire à la formation et à la création d'emplois; la création de coopératives provinciales, d'un fonds de développement économique des collectivités complétés de multiples investissements provinciaux et fédéraux dans la petite entreprise, le parc industriel et le centre de formation des Indiens à Rivers, par exemple, sans oublier la création d'écoles dans les réserves indiennes du Manitoba. Tout contribuait à susciter de nouveaux espoirs.

En même temps que toutes ces entreprises qui sans doute ont laissé leur manque dans la plupart des réserves indiennes, naissait le Service de protection de l'environnement (SPE). C'est ainsi que deux programmes amorcés en 1972, au moment même où la responsabilité du génie sanitaire passait de Santé et Bien-être social au SPE, sont venus modifier la situation des services d'eau et d'hygiène dans les réserves indiennes. Il s'agissait:

1. du Programme des activités fédérales
2. du Programme d'assainissement.

L'objectif était de veiller à ce que les projets fédéraux soient acceptables sur le plan écologique. Le premier programme imposait des normes environnementales rigoureuses pour toutes les activités entreprises sur les terres, avec des fonds ou sous une juridiction relevant du gouvernement fédéral. Le Programme d'assainissement était le moyen d'acheminer les fonds disponibles aux ministères concernés en vue de l'amélioration ou de la construction d'installations d'épuration des eaux usées et d'élimination des déchets. Même si ces programmes s'appliquaient à toutes les régions, il est vite apparu que les réserves indiennes se distinguaient presque toutes par l'absence d'installations d'épuration des eaux usées, et que le mauvais état des installations existantes contribuait en fait à la contamination des sources d'approvisionnement en eau, déjà sérieusement touchées par les effluents d'entreprises locales constituées à la hâte et financées dans le cadre des nombreux programmes de développement économique et social. Quantité de mesures correctives ont été prises par le SPE. Malheureusement, le Programme d'assainissement fournissait le capital initial mais ne prévoyait pas d'aide à l'exploitation et à l'entretien. Ainsi, nombreuses sont les nouvelles installations d'épuration des eaux usées qui n'ont jamais été entièrement opérationnelles. Finalement, en raison de son incapacité croissante à solutionner les problèmes, le Programme d'assainissement a été considéré comme inefficace et on l'a abandonné en 1976.

Cependant, le Programme des activités fédérales a survécu, mais sans énergie, parce qu'il dépendait trop de la coopération de ministères et organismes fédéraux dont le mandat principal concernait des questions autres que le contrôle de la pollution. En 1979, par une modification à la Loi sur l'organisation du gouvernement, le SPE s'est vu confier la responsabilité de contrôler l'incidence sur le milieu des activités fédérales. Comme chacun le sait, la conjoncture économique n'était plus en 1979 aussi bonne que dix ans auparavant, et il n'était pas du tout certain que le SPE pourrait appliquer des solutions satisfaisantes aux problèmes graves, même si son mandat avait été affermi.

La réorganisation du SPE, les restrictions budgétaires et la nécessité de faire face à de nouveaux problèmes écologiques majeurs, le contrôle des substances toxiques par exemple, ont entraîné une réduction des inspections et des évaluations dans les réserves indiennes et, en fait, il a fallu redéfinir le Programme des activités fédérales au Manitoba. En 1979, on a étudié tous les documents relatifs aux problèmes de pollution dans les réserves indiennes du Manitoba, ce qui a permis de constater que la plupart des installations d'épuration n'étaient pas entretenues correctement, pour de multiples raisons, et qu'il existait de sérieux problèmes de contamination des sources d'approvisionnement en eau.

Il convient de faire remarquer ici que, même si le nombre d'inspections régulières sur place avait été réduit par le SPE, le contact restait établi avec d'autres ministères fédéraux, comme les Affaires indiennes et inuites, et le SPE est en fait intervenu sur place dans des situations d'urgence suscitées par le mauvais fonctionnement d'installations d'épuration des eaux usées, les déversements d'hydrocarbures et la pollution des plans d'eau.

Il faut également souligner que, même si les pages suivantes sont consacrées à la description de certaines activités du SPE concernant des problèmes associés à des installations déficientes, d'autres ministères fédéraux ont aussi été actifs et, dans le cadre de leurs mandats respectifs, les réserves indiennes ont vu leur situation s'améliorer dans de nombreux secteurs.

Le gouvernement manitobain s'est lui aussi intéressé aux métis et aux autres collectivités éloignées du Nord. Il existe de nombreux mécanismes fédéraux-provinciaux de coopération, de liaison et d'échange de renseignements. Ces mécanismes sont à l'origine de l'expression de préoccupations communes des gouvernements concernant la santé et la situation sociale des collectivités du Nord manitobain. Au cours des années, on a pu voir nombre de personnalités déplorer la carence de services élémentaires comme le

logement, la sécurité incendie, la protection policière et les services d'eau et d'hygiène. Les résidants ont également pu s'exprimer par le truchement des médias.

D'une manière générale, les déclarations des dignitaires et les demandes d'aide de la part des collectivités ont permis de régler les problèmes immédiats. Toutefois, le mouvement a achoppé quand est venu le moment de considérer des questions comme l'installation de l'eau courante dans chaque maison ou l'aménagement de systèmes publics de collecte et d'épuration des eaux usées. L'obstacle, bien sûr, était le coût élevé en capital de ces projets surtout lorsque la réalisation doit s'étendre de la région nord du Manitoba jusqu'à des régions limitrophes semblables dans tout le Canada.

Un investissement en capital à une telle échelle doit s'appuyer sur une connaissance sérieuse de la situation. Les besoins sont révélés par des problèmes sociaux et sanitaires dont la majorité, sinon tous, sont attribuables à un manque d'organisation et d'infrastructure. Toutefois, le véritable problème est d'ordre économique. En effet, chaque fois qu'on trouve que des problèmes sociaux et sanitaires sont dus à l'absence d'installations élémentaires, on remarque aussi, presque systématiquement, que le site (éloignement), la géologie locale (bouclier), la configuration de l'agglomération (habitations dispersées), etc., rendent les difficultés techniques insurmontables et les coûts prohibitifs. Il est généralement admis que ces collectivités et les individus qui les composent devraient bénéficier des mêmes services que la majorité des Canadiens ou, en d'autres termes, que les conditions de vie qui seraient inacceptables pour la plupart des Canadiens ne devraient pas être tolérées par les habitants des agglomérations septentrionales éloignées.

Les problèmes sociaux et sanitaires peuvent avoir un effet négatif sur des activités fondamentales comme l'emploi et l'éducation. Les personnes constamment malades sont difficilement en mesure de travailler ou d'aller en classe. Ce thème pourrait être développé pour montrer combien la question est complexe, mais il demeure surtout que de nombreux programmes de développement économique sont minés par un malaise général qui affaiblit la vie communautaire.

Étant donné la différence énorme entre les besoins perçus et les remèdes accessibles, le SPE a pris certaines mesures pour réunir les faits et mettre au point une grille conceptuelle grâce à laquelle il serait possible de justifier économiquement l'amélioration des services publics.

Au milieu des années 1970, on disposait d'un point de départ très simple. Des renseignements provenant de sources diverses indiquaient un coût différentiel de $300 à $400 par personne et par an pour les soins de santé dispensés aux résidents des agglomérations du nord du Manitoba, par rapport à la moyenne des coûts pour l'ensemble de la province. En raison de cette différence et du fait que nombre d'affections étaient attribuables à des services d'eau et d'hygiène inadéquats, il était facile d'imaginer comment ces montants pourraient se traduire dans un programme d'investissement de capital. Ainsi, dans une agglomération de 2000 habitants, une réduction du coût de la prestation des services médicaux de $200/pers./an à l'intérieur d'une période minimale de 20 ans (durée prévue des installations), sans compter les intérêts et les frais d'E&E, permettrait de justifier un investissement en capital allant jusqu'à $8 000 000. Compte tenu de la valeur actuelle de l'argent, il vaudrait mieux dire $4 000 000. Ces montants sont cités uniquement pour donner une idée des possibilités et non pas pour fixer une échelle.

Dans un autre domaine, le SPE a entrepris "un inventaire des problèmes écologiques dans certaines agglomérations du nord du Manitoba", qui porte vingt-huit réserves indiennes. On s'est intéressé aux questions suivantes:

1. produits pétroliers: stockage, manutention, distribution;
2. gestion des déchets solides;

3. collecte et épuration des eaux usées;
4. traitement et distribution de l'eau potable.

Un rapport de 1300 pages fut rédigé. On pouvait y lire que:

1. 75 p. 100 des 98 réservoirs de stockage de produits pétroliers n'avaient pas de digues, 50 p. 100 manquaient de conduites, 25 p. 100 avaient des fuites et 60 p. 100 n'étaient pas protégés par une clôture.
2. Deux agglomérations bénéficiaient de réseaux d'eau et d'égouts desservant la moitié des habitations; tous les autres résidents des vingt-huit agglomérations ne pouvaient compter que sur des latrines, si on excepte les écoles, les habitations d'enseignants, les postes de soins infirmiers et postes de la gendarmerie royale, qui bénéficient d'un système de collecte relié aux stations d'épuration des eaux usées.
3. Cinq des vingt-huit agglomérations ne disposaient pas d'un site de décharge pour éliminer les déchets; douze avaient recours au système de décharge contrôlée en tranchées; seulement dix bénéficiaient d'un service d'enlèvement des ordures régulier.
4. Treize agglomérations s'approvisionnaient en eau directement à un lac ou un cours d'eau; dans six agglomérations, l'eau était livrée à domicile par camion; seize bénéficiaient de réseaux de canalisations. (Le total est supérieur à 28, certaines agglomérations combinant plusieurs systèmes.)

La situation différait d'une agglomération à l'autre, mais pour l'ensemble d'entre elles, il en aurait coûté au total environ $5 000 000, uniquement pour résoudre les problèmes immédiats, et à peu près le même montant chaque année en frais d'entretien. Cette somme ne permettrait pas de construire de nouvelles installations ou d'améliorer les installations existantes, mais simplement de réparer ou d'entretenir celles-ci.

Un autre inventaire plus détaillé, effectué dans cinq agglomérations en 1981, a donné les mêmes résultats. De plus, des efforts ont été déployés pour obtenir des données relatives aux maladies transmises par l'eau. Bien que l'objectif n'ait pas été atteint, ces recherches ont permis de découvrir que seulement 10 p. 100 des cas de maladies qui, conformément à la réglementation provinciale et fédérale, doivent obligatoirement être déclarés sont effectivement enregistrés. Il semble que la prestation des services dans ces cinq agglomérations par le biais de nombreux organismes fédéraux en rapport avec les réserves indiennes manque de coordination, et que les autorités locales (chefs et conseillers) ne participent pas activement à la prise de décision dans ce domaine.

Deux autres études ont été entreprises:

1. Une étude microbiologique et clinique a été entreprise dans une agglomération pour déterminer la relation entre la contamination de l'eau (bactérienne et virale) et l'incidence réelle des maladies transmissibles par l'eau. Cette étude doit se poursuivre pendant tout l'été 1982. Tous les dossiers disponibles sur les vingt-huit agglomérations du Nord serviront de documents à l'appui pour déterminer, dans la mesure du possible, les caractéristiques saisonnières, endémiques et autres des affections transmissibles par l'eau. La recherche s'effectue en collaboration avec Santé et Bien-être social Canada.
2. Un examen des mandats, des rôles, des règles et pratiques des différents ministères fédéraux oeuvrant dans cinq collectivités a été entrepris en vue d'améliorer la coopération et l'efficacité dans certains domaines.

Diverses observations et études, toutes fondées sur des documents sérieux, ont été analysées dans le but d'élaborer une grille conceptuelle autour d'un projet témoin générateur de données sur les coûts susceptibles d'alimenter une analyse de rentabilité. Le

projet différerait légèrement de celui qui était fondé sur l'anticipation d'une réduction des coûts des soins de santé (voir plus haut), en ce qu'il tiendrait compte aussi des profits pouvant découler d'un accroissement des possibilités d'emploi.

Quatre domaines seraient explorés:

1. données sur les soins de santé,
2. renseignements techniques,
3. données sur la pollution de l'environnement,
4. main-d'oeuvre.

À ce sujet, voir l'annexe du présent document.

Les études, rapports, inventaires et observations examinés ont nourri cette recherche. Au stade actuel, certaines conclusions peuvent être tirées:

1. Il y a un manque réel d'infrastructures appropriées dans chacune des vingt-huit réserves indiennes du Nord manitobain.
2. La mise en place d'infrastructures doit pouvoir être justifiée sur le plan économique.
3. La confrontation des différentes options de services publics (aménagement des installations et entretien) au coût de la prestation des services médicaux, pourrait constituer la base d'une analyse de rentabilité.
4. Des considérations indirectes pourraient aussi être incluses, particulièrement en ce qui regarde les possibilités d'emploi.
5. Les considérations d'ordre social sont importantes.
6. La coopération entre les divers organismes concernés pourrait être meilleure.
7. Les registres pourraient être tenus plus soigneusement.
8. Les techniques pourraient être améliorées.

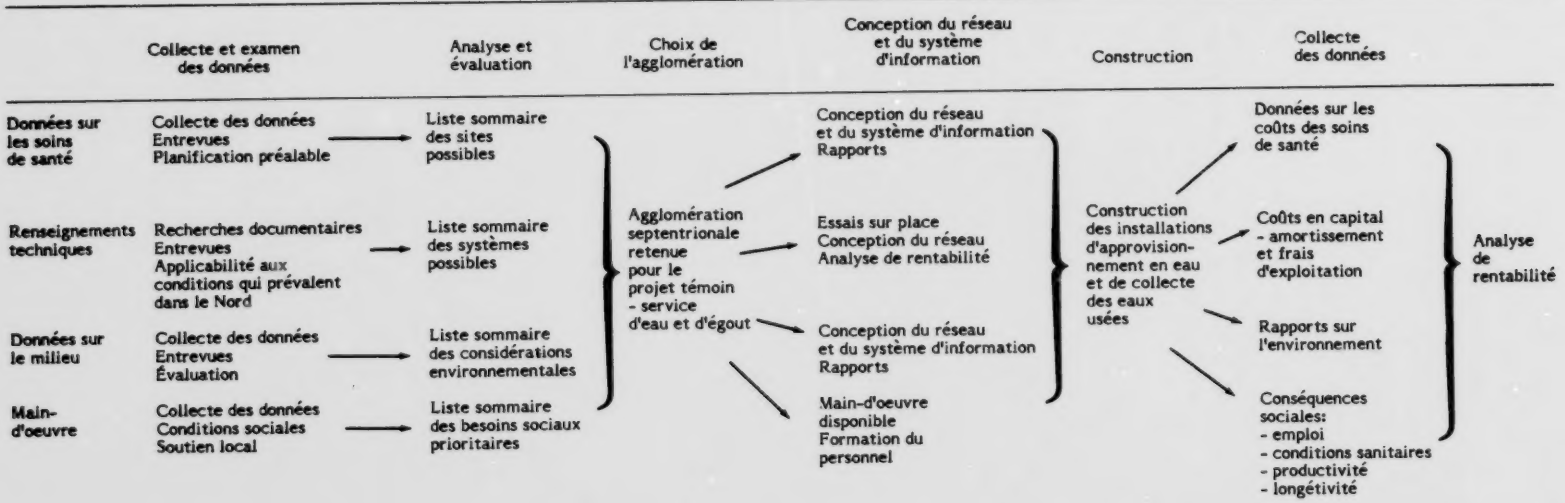
Il semble donc que, indépendamment des considérations d'ordre social, politique, organisationnel et administratif qui peuvent tout de même intervenir dans le choix de systèmes appropriés d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées dans les réserves indiennes, la justification économique de l'entreprise doit primer. C'est pourquoi il importe de continuer à recueillir des données pertinentes sur les coûts. Dans l'immédiat, la priorité concerne le coût de la prestation des services de santé, mais il faut également chercher à améliorer les techniques existantes, rechercher les causes des maladies transmises par l'eau dans certaines agglomérations, et déterminer la meilleure façon d'utiliser les ressources locales, surtout en ce qui a trait à l'emploi. La situation pourrait être améliorée par une meilleure coordination entre les organismes et une participation accrue de la collectivité. Enfin, la mise à exécution d'un projet à l'échelle de l'ensemble d'une agglomération est indispensable pour les programmes qui concernent toutes les collectivités indiennes du Nord manitobain.

ANNEXE

Projet témoin. Le plan qui figure au tableau 1 comprend quatre paramètres qui permettront de réunir de façon ordonnée les données nécessaires aux responsables gouvernementaux, experts-conseils, regroupements communautaires, etc., en vue de déterminer dans quelle agglomération septentrionale il conviendrait de réaliser le projet témoin.

1. Données sur les soins de santé - évaluation du coût actuel des soins de santé et des programmes médicaux.

TABLEAU 1 AMÉNAGEMENT D'UN SERVICE D'EAU ET D'ÉGOUT - PROJET TÉMOIN



2. Renseignements techniques - sur les installations existantes d'épuration des eaux usées, en particulier des données sur les conditions qui prévalent dans le Nord (climat, facilité d'entretien, coûts de construction et d'exploitation).
3. Données sur la pollution de l'environnement - degré actuel de contamination des plans d'eau dans différentes agglomérations du Nord, en vue d'établir une relation de cause à effet entre l'incidence des maladies et la qualité de l'eau potable.
4. Main-d'oeuvre - collecte de données sur les conditions sociales des différentes collectivités (main-d'oeuvre disponible, niveau de compétence, intérêt et appui escomptés au niveau local), pour déterminer quelles agglomérations seraient susceptibles d'être retenues pour le projet témoin.

Ces quatre paramètres devraient tenir compte des coûts de construction et d'exploitation, et fournir des renseignements sur l'impact des installations sanitaires sur le milieu et sur les variations de l'incidence des maladies dans la collectivité, ce qui permettrait de rassembler les données nécessaires à l'évaluation de la faisabilité du projet, telles qu'elles sont résumées à la fin de la section sur la rentabilité.

Les avantages indirects du projet et les considérations sociales seraient énumérés dans l'étude, mais l'objectif numéro un consisterait à déterminer, grâce à une analyse de rentabilité, si les fonds que les différents ministères gouvernementaux consacrent à une multitude de programmes palliatifs ne seraient pas mieux employés si on cherchait systématiquement à élever le niveau des services publics. En bref il s'agit de voir s'il ne vaudrait pas mieux mettre l'accent sur des activités préventives plutôt que sur les soins de santé. Il semble y avoir une quantité considérable d'information à l'appui de la thèse selon laquelle une nouvelle façon d'envisager la prestation des services de santé dans les agglomérations septentrionales s'impose.

1.0 DONNÉES SUR LES SOINS DE SANTÉ

1.1 Se mettre en rapport avec tous les ministères et organismes fédéraux et provinciaux intéressés aux services de santé dans les agglomérations nordiques, présenter le projet et encourager la participation.

1.2 Réunir l'information statistique et les études disponibles sur l'incidence des principales affections et sur les coûts de tous les services de soutien.

1.3 Évaluer les données en calculant les frais engagés pour les soins de santé dans les collectivités du Nord par tous les ministères et organismes, selon les postes de dépenses (transports, médicaments, séjours à l'hôpital, éducation, etc.) et les principaux groupes de maladies.

1.4 Rechercher les lacunes du système d'information, par rapport au quatrième stade du projet en particulier, et les données nécessaires à l'analyse de rentabilité.

1.5 Revoir les résultats avec les ministères concernés pour juger de la fiabilité des données recueillies, et voir si des données supplémentaires sont nécessaires pour compléter l'étude.

1.6 Confirmer les attentes concernant le soutien ministériel escompté (finances, main-d'oeuvre et autres ressources).

1.7 À partir des données recueillies et des entrevues ministérielles, établir une liste sommaire des collectivités du Nord qui connaissent certains problèmes de santé publique, qui devraient bénéficier de meilleurs services d'eau et d'hygiène et où le projet témoin pourrait être facilement contrôlé.

1.8 D'après les données obtenues, choisir l'agglomération (et la collectivité) du Nord qui convient le mieux pour le projet.

2.0 RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES - SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET SERVICES SANITAIRES

2.1 Effectuer des recherches documentaires sur tous les systèmes existants.

2.2 Étudier les données recueillies en fonction de leur pertinence par rapport aux conditions de vie dans le Nord, et analyser la rentabilité des systèmes dans les régions éloignées et sous-peuplées du pays.

2.3 Avoir des entretiens avec un personnel qualifié qui connaît bien les différents systèmes, afin de déterminer les avantages et désavantages propres de chaque option.

2.4 Préparer de concert avec les ministères une liste sommaire des systèmes d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées les plus susceptibles de convenir aux conditions qui prévalent dans le Nord, compte tenu de leurs qualités techniques.

2.5 D'après les données recueillies, prendre une décision préliminaire relative au système d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées: le projet sera mis à exécution dans telle agglomération, au profit de telle collectivité.

2.6 Obtenir des données techniques détaillées sur l'agglomération choisie: levés de terrain, données pédologiques, données sur les niveaux du pergélisol, sur la proximité des sources d'approvisionnement en eau, sur les sources d'énergie électrique, etc.

2.7 Passer à la conception du service d'eau et d'égout pour l'agglomération choisie, en mettant l'accent sur la rentabilité du système.

2.8 Examiner les données techniques, les estimations du coût en capital et des frais d'exploitation des différentes options et prendre une décision finale.

2.9.1 Construction des installations d'approvisionnement en eau et de collecte des eaux usées.

2.9.2 Contrôler rigoureusement le coût des immobilisations au moyen de rapports réguliers; exiger des rapports mensuels concernant tous les frais d'exploitation.

3.0 DONNÉES SUR LE MILIEU

3.1 Se mettre en rapport avec tous les ministères et organismes provinciaux et fédéraux concernés en vue d'obtenir des données concernant: les installations sanitaires existantes, les sites de décharges, la qualité de l'eau potable, etc.

3.2 Vérifier les données recueillies concernant le degré de pollution de l'air, de l'eau, du sol.

3.3 Évaluer, d'après les données recueillies, la qualité du milieu des agglomérations étudiées. Établir les priorités en fonction des données disponibles.

3.4 Concevoir un système d'information sur le milieu qui permette de surveiller le niveau de pollution dans les agglomérations cibles et témoins.

3.5 Prélever régulièrement des échantillons d'air, d'eau et de sol dans les agglomérations cibles et témoins.

3.6 Analyser les échantillons et les communiquer au coordonnateur à tous les mois.

4.0 MAIN-D'OEUVRE

4.1 Se mettre en rapport avec tous les ministères et organismes provinciaux et fédéraux responsables des programmes de formation et d'orientation de la main-d'oeuvre.

4.2 Se mettre en rapport avec tous les organismes politiques et sociaux (MIB, MMF, NACC), responsables de la santé et du bien-être social des habitants des agglomérations septentrionales.

4.3 Recueillir auprès de ces groupes des renseignements sur les conditions qui prévalent dans ces collectivités: la main-d'oeuvre disponible, le niveau de formation, les conditions d'hygiène (installations sanitaires) des habitations, les sources d'approvisionnement en eau potable, la machinerie disponible, etc.

4.4 D'après les données et entrevues préliminaires, établir une liste sommaire des agglomérations qui pourraient recevoir le projet témoin.

4.5 Après consultation de tous les principaux groupes d'intérêt, se mettre en rapport avec les autorités des collectivités concernées pour obtenir des données récentes sur les conditions locales, la population active, le niveau de formation, le désir de participer au projet, etc., en vue de déterminer quelles seront les collectivités cibles et témoins.

4.6 D'après l'enquête approfondie sur la main-d'oeuvre locale disponible, élaborer un programme de formation comprenant des délais suffisants pour réunir le personnel nécessaire à la réalisation du projet témoin.

4.7 Aider les autorités locales et les organismes gouvernementaux à choisir les candidats au programme de formation.

4.8 Obtenir des différents ministères et organismes provinciaux et fédéraux les fonds nécessaires au financement du programme de formation et du projet témoin.

PRÉVENTION DES INCENDIES DANS LES AGGLOMÉRATIONS SEPTENTRIONALES

G.W. Heinke et E.J. Bowering
Département du Génie civil
Université de Toronto

V. Christensen, Chef de la
Section eau et hygiène
Division des affaires municipales
Département de l'Administration locale
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

L. Hipperson, Commissaire des incendies
Gouvernement du Yukon

Le taux par habitant des pertes par le feu enregistrées dans les collectivités de l'Alaska, du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et même du Groenland est sensiblement plus élevé que dans les régions méridionales. Le nombre de personnes ayant péri par le feu au cours des dix dernières années est cinq fois plus élevé dans les régions septentrionales. C'est pourquoi il importe d'examiner les normes et les principes de sécurité incendie dans le Nord, et de rechercher quelles sont les améliorations pratiques et nécessaires.

Les gouvernements des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon sont conscients que les normes de sécurité incendie valables dans les régions méridionales ne sont pas toujours applicables dans le Nord. Par exemple, les normes relatives au débit d'eau d'incendie semblent beaucoup trop élevées pour les petites agglomérations septentrionales. Une étude d'une durée de trois ans a donc été entreprise par les deux premiers auteurs de ce document; l'objectif était "... de formuler des recommandations touchant les normes et lignes directrices de la lutte contre l'incendie et les systèmes de prévention dans les agglomérations du Nord canadien, et tout particulièrement dans les Territoires du Nord-Ouest et au Yukon".

Le présent document fait le tour de la situation dans les régions septentrionales depuis 1980, et compare le taux des pertes causées par le feu avec les efforts déployés pour se donner une sécurité incendie. Les recommandations touchant la sécurité incendie dans les petites agglomérations figurent à la fin de l'exposé.

EXAMEN DE LA SITUATION ACTUELLE DANS LES AGGLOMÉRATIONS SEPTENTRIONALES

Généralités. L'isolement des collectivités, l'absence d'assiette fiscale dans la plupart des cas, certaines conditions sociales consécutives aux transformations culturelles et au climat rigoureux, voilà en gros les facteurs les plus importants.

Il faut un minimum de matériel et de main-d'oeuvre qualifiés pour doter une collectivité d'un système de lutte contre l'incendie. Par conséquent, les dimensions réduites des agglomérations septentrionales font monter considérablement le coût par habitant de la sécurité incendie. L'éloignement rend très difficile le partage du matériel qui pourrait se faire au moyen d'une entente réciproque, et pour ainsi dire impossible l'échange de main-d'oeuvre. La sécurité incendie constitue surtout une mesure préventive. Dans les petites agglomérations, rares sinon inexistants sont les incendies importants dans une année, circonstance qui n'aide guère à convaincre les habitants de la nécessité de se

protéger contre l'incendie. Ce manque d'intérêt contribue au taux de renouvellement élevé des volontaires, à l'absence d'entretien du matériel et à la détérioration générale des conditions de la sécurité incendie.

En Amérique du Nord, la sécurité incendie est considérée comme une responsabilité du gouvernement local. C'est pourquoi les fonds nécessaires à un service d'incendie public (ou privé), doivent être recueillis localement. La majorité des collectivités du Nord n'ayant pas d'assiette fiscale sont absolument dépendantes de l'aide gouvernementale sous une forme ou une autre. Les services d'incendie privés ne sont plus, dans la majorité des cas, qu'un souvenir du passé. Il fut un temps où les citoyens intéressés constituaient leur propre service d'incendie en regroupant des volontaires et recueillant les fonds nécessaires à l'achat du matériel et à l'exploitation du service au moyen de loteries, de ventes de charité ou de dons. À l'heure actuelle, le matériel coûte beaucoup trop cher, surtout dans le Nord, et une certaine aide financière de la part du gouvernement central s'impose. Dans les localités où il existe une entreprise importante comme une exploitation minière, il arrive souvent que celle-ci fournisse les fonds nécessaires pour l'achat du matériel d'incendie. En général, ces collectivités sont assez bien organisées pour percevoir des taxes. Même la présence d'une très petite exploitation améliore sensiblement la situation d'une collectivité.

L'efficacité d'un système de lutte contre l'incendie dépend largement de la population en général et, dans une moindre mesure, du service d'incendie. La plupart des incendies peuvent être évités grâce à des précautions raisonnables qui comprennent l'élimination de pratiques dangereuses. Nombre de mesures préventives ne pouvant faire l'objet d'une loi, la sensibilisation des résidents est essentielle. Dans les petits villages autochtones traditionnels, le nombre des incendies signalés chaque année est assez faible. Dans les grands centres du Nord où les mouvements de population sont importants et le mode de vie moins traditionnel, la moyenne des incendies par habitant est élevée. Cependant, dans les villes, le nombre d'incendies par habitant est légèrement supérieur à la moyenne des agglomérations méridionales semblables. La publicité et les slogans favorisent une certaine sensibilisation en matière de prévention, mais rien ne saurait remplacer une bonne connaissance du milieu où l'on vit. Cette transition culturelle et les difficultés qui l'accompagnent représentent un état de fait qui persistera encore quelque temps dans le Nord.

Le climat exerce ses effets, tant sur le nombre que sur la gravité des incendies. La durée prolongée de la saison de chauffage et la sécheresse extrême rendent les maisons en bois excessivement inflammables. Il arrive fréquemment que les deux plus grandes causes des incendies signalés chaque année soient attribuables aux appareils de chauffage. Toutefois, il est difficile d'affirmer qu'il y a plus d'incendies en hiver qu'en été. Et ce n'est probablement pas l'intensité du froid qui importe au premier chef, mais plutôt la longueur de la période de chauffage. Dans la majeure partie du Nord, les systèmes de chauffage peuvent être mis en marche en tout temps de l'année. Les registres d'incendie ne sont pas si rigoureusement tenus et si complets dans les localités du Nord que dans celles du Sud. Cet état de fait rend difficile la comparaison des données statistiques sur les pertes par le feu à travers le Canada, bien que sur ce point il y a eu une amélioration considérable ces toutes dernières années. À l'heure actuelle, la situation varie selon la région politique, surtout en raison des sommes investies par le gouvernement. Une description et une comparaison sommaires de ces régions permettra de voir quelles sont les mesures de sécurité incendie les plus efficaces.

Alaska. En Alaska, la sécurité incendie reste avant tout une affaire locale. Aucune loi fédérale ni aucune loi de l'État n'oblige une localité à se doter d'une forme quelconque de sécurité incendie. Les collectivités doivent réunir elles-mêmes la plus grande partie des fonds nécessaires à la lutte contre l'incendie. Dans le cadre du partage des recettes de

l'État, elles reçoivent jusqu'à concurrence de $7,50 par habitant, à titre de subvention. Pour une petite agglomération, ce montant n'est vraiment pas considérable et sert en général à tout sauf à se donner une sécurité incendie.

Les gouvernements locaux peuvent réunir des fonds pour l'achat de matériel en adressant une demande de subventions à différents organismes de l'État ou du gouvernement central. Une agglomération ayant à sa tête un conseil ou un secrétaire-administrateur actifs et bien avisés peut, par cette voie, récolter des fonds pour un poste de pompiers, des véhicules incendie et l'équipement essentiel. Dans certains cas, elle peut même obtenir des crédits spéciaux par l'intermédiaire du corps législatif de l'État. Les localités importantes peuvent émettre des obligations ou emprunter de l'argent en plus de faire une demande de subventions. Dans tous les cas, les frais d'exploitation et d'entretien doivent être payés à même le budget municipal.

Le degré de sécurité incendie dépend avant tout des initiatives des autorités locales. Par conséquent, il n'existe aucune normalisation à la grandeur de l'Alaska. Les grands centres sont généralement bien équipés et possèdent une main-d'oeuvre qualifiée. Certaines petites localités ont aussi des services d'incendie bien administrés, compte tenu de leurs ressources limitées. La plupart des agglomérations éloignées composées d'autochtones ne possèdent rien si ce n'est un service d'incendie sur papier, ce qui leur permet de recevoir leur part des impôts de l'État.

Le Bureau du commissaire des incendies s'occupe avant tout de prévention. Les membres de ce service s'assurent que les plans des nouvelles constructions répondent aux normes du Code du bâtiment, et ils sont responsables de l'inspection des édifices publics. Les grands centres sont dotés de services de prévention des incendies. Dans les petits villages, la formation relative à la prévention des incendies et à l'inspection des constructions est assurée par des services extérieurs, et uniquement à la demande du conseil local. En général, ce service est gratuit. À l'heure actuelle, on implante dans certains villages un programme relevant du Service de sécurité publique, qui sert à financer le salaire d'un chef de sécurité (VPSO). Il s'agit en l'occurrence d'un résident de la localité qui recevra, aux frais de l'État, une formation concernant l'application de la loi, les soins médicaux d'urgence ainsi que la prévention et la lutte contre l'incendie. Cette personne employée à temps plein devra promouvoir la sécurité publique dans sa localité.

Dans la majorité des agglomérations, il n'existe pas de réglementation exigeant de laisser une certaine distance entre les bâtiments. Parfois, les localités n'ont pas de routes avec revêtement, ni même de voies de passage. La plupart des habitations sont des maisons unifamiliales en bois dont l'intérieur est fini au moyen de contre-plaqué plutôt que de panneaux de gypse, le premier matériau étant plus durable. Dans les nouvelles constructions financées à même le trésor fédéral, on veille à aménager un espace et une protection contre la chaleur autour des poêles et des cheminées, mais les constructions anciennes sont parfois extrêmement vulnérables.

Dans bien des villages, l'eau est transportée par tout un chacun à partir d'un point d'eau central. Quelques villages sont desservis par un réseau de canalisations mais en général, ils n'ont pas été conçus pour assurer un débit d'eau d'incendie. Il n'existe pour ainsi dire pas de systèmes de transport de l'eau par véhicule. La lutte contre l'incendie se fait à l'aide de motopompes transportables et de sources d'eau libre. La majorité des petites agglomérations ne possèdent que des extincteurs d'incendie. Lorsqu'un feu se déclare tout le monde participe à la lutte avec les moyens du bord.

Dans les villes qui comptent plus de 2000 habitants, il existe souvent un service de pompiers volontaires bien organisé, avec un chef rémunéré. Ces localités possèdent probablement un réseau de canalisations avec des prises d'eau ou un système de transport de l'eau par véhicule. Dans les grandes villes, le service d'incendie comporte au moins un personnel de base composé de quelques employés à plein temps assistés de volontaires, ou un service de sapeurs-pompiers rémunérés. Il existe généralement des ententes d'aide réciproque avec quelques petites agglomérations environnantes.

Il est difficile de décrire les composantes d'un service d'incendie type en Alaska, parce qu'il y en a de toutes sortes. Le matériel se compose principalement d'une autopompe munie d'une citerne et de tuyaux (autopompe mixte). Ces véhicules ressemblent à ceux que l'on trouve en Amérique du Nord et constituent l'élément de base de la majorité des services d'incendie. À cela peuvent s'ajouter des mini-autopompes, des autopompes à haute pression, des véhicules d'incendie munis d'une échelle aérienne, des dévidoirs automobiles et des camions-citernes. Les localités possédant un équipement de qualité ont habituellement l'espace voulu pour le ranger. Les systèmes d'alarme varient entre la cloche d'église, les réseaux téléphoniques et les avertisseurs publics d'incendie.

En Alaska, la sécurité incendie se caractérise surtout par la dépendance des résidents à l'égard des initiatives et des ressources locales. Là où ni les unes ni les autres n'existent, la protection contre l'incendie n'existe pas non plus, mais lorsqu'elles existent, le service d'incendie est en général excellent. Habituellement, les collectivités de moins de 1000 habitants ne sont pour ainsi dire pas protégées, tandis que les agglomérations plus importantes peuvent être bien équipées et organisées.

Territoires du Nord-Ouest. Au Canada, la protection contre l'incendie est également la responsabilité des autorités locales. Cependant, dans les Territoires du Nord-Ouest, le département de l'Administration locale du gouvernement territorial assume de nombreuses responsabilités au niveau local. Étant donné que les établissements de population et les hameaux ne sont pas organisés pour percevoir des impôts, ils reçoivent la majeure partie de leur budget du département de l'Administration locale. Quant aux villages et aux villes, ils ont une assiette fiscale et sont responsables de leur propre budget. Le département de l'Administration locale a comme politique d'assurer la sécurité incendie de toutes les collectivités qui n'ont pas d'assiette fiscale. Cette aide vient généralement sous forme de matériel et de fonds permettant de faire fonctionner un service d'incendie composé de volontaires. L'aspect préventif de la sécurité incendie incombe en majeure partie au Bureau du commissaire des incendies. Étant donné l'effectif réduit de ce bureau et les énormes distances qui séparent les agglomérations, il faut dire que l'efficacité des mesures préventives est assez limitée.

Le matériel d'incendie fourni par le gouvernement est habituellement fonction du nombre d'habitants. En fait, il existe une grande disparité entre les services d'incendie, à cause de la détérioration du matériel et des changements de politique au cours des années. Le matériel acheté devrait à l'origine répondre aux normes des services d'incendie ruraux de l'Amérique du Nord, modifiées en fonction des activités à basses températures. Le principal élément est donc une voiture de sapeurs-pompiers équipée d'une pompe de 45 à 65 l/s, un tuyau d'incendie, une citerne et l'équipement auxiliaire. Dans les petites agglomérations (population inférieure à 250 habitants), le camion-citerne est généralement muni d'une pompe plus grosse et d'un tuyau plus long, pour faire office de voiture de sapeurs-pompiers. Ces véhicules sont maintenant en voie de disparition avec l'achat de nouveaux véhicules d'incendie.

La plupart des petites collectivités des Territoires du Nord-Ouest sont approvisionnées en eau par camion-citerne. Certaines possèdent un réseau de canalisations partiel et les grands centres ont des réseaux équipés de bornes d'incendie. Le camion-citerne est rempli le soir et, en cas de feu, on l'utilise avec la voiture d'incendie. Le personnel du service d'incendie se compose d'un chef volontaire et d'un groupe de pompiers bénévoles. La formation et l'expérience varient considérablement, mais la majorité des volontaires sont plutôt inexpérimentés. Le taux de rotation chez les volontaires est assez élevé, sauf dans les agglomérations importantes.

Des systèmes d'alarme comportant des avertisseurs branchés à une sirène et, dans les agglomérations plus grandes, des panneaux d'alarme, ont été installés dans presque

toutes les localités. Seuls quelques-uns de ces systèmes ont donné des résultats satisfaisants au cours des années. Les systèmes se détraquaient très facilement, ou ils ont été débranchés parce qu'ils se déclenchaient sans raison et, comme il n'y avait en général personne sur place pour effectuer les réparations, la plupart des localités ne se servaient pas de leur système d'alarme. Récemment, ils ont été remplacés par un système exploité et entretenu par la compagnie de téléphone.

L'exploitation et l'entretien quotidiens du service d'incendie doivent être assurés au niveau local. Dans les petites agglomérations où les incendies sont peu nombreux (souvent moins de deux par année, les systèmes d'alarme et les véhicules d'incendie peuvent tomber en panne à cause du manque d'entretien. La réparation est difficile car on trouve difficilement du personnel qualifié sur place. Par conséquent, l'équipement ne dure pas longtemps et certaines collectivités se retrouvent sans système d'alarme ou véhicule d'incendie.

Les nouvelles constructions dans les Territoires du Nord-Ouest doivent être conformes aux normes du Code national du bâtiment et du Code national de l'incendie. Les plans doivent être vérifiés par le Bureau du commissaire des incendies. Celui-ci n'a pas suffisamment de personnel pour exercer la surveillance régulière des constructions, mais les édifices publics sont généralement inspectés avant l'occupation des lieux. La majorité des constructions ont une charpente en bois. Pour pallier au manque de services d'incendie adéquats, la distance laissée entre les bâtiments dans presque toutes les localités doit être le double de celle stipulée par le Code national du bâtiment.

Yukon. La politique du Yukon en matière de sécurité incendie est semblable à celle des Territoires du Nord-Ouest, quoique les résultats obtenus au Yukon soient plus fructueux. Ce succès s'explique par le fait que les agglomérations y sont moins nombreuses, plus accessibles et que leur développement est plus ancien.

Le Bureau du commissaire des incendies du Yukon administre le budget de sécurité incendie des localités non érigées en municipalités et des districts d'amélioration locale, qui correspondent à peu près respectivement aux établissements de population et hameaux des Territoires du Nord-Ouest. Le matériel est à peu près standard dans chaque agglomération. Les plus petites d'entre elles (moins de 200 habitants) n'ont que des motopompes portatives et des boyaux. La majorité possède une autopompe mixte de 40 ou 45 l/s, achetée en 1969 environ, qui devrait maintenant être remplacée. Tous les véhicules d'incendie sont stationnés dans les postes de pompiers; certains possèdent des salles de réunion et un espace de rangement supplémentaire.

L'alimentation en eau dans nombre d'agglomérations du Yukon se fait par un réseau de canalisations comprenant des bornes d'incendie. La plupart du temps, des camions-citernes sont disponibles dans les régions plus étendues. Bien qu'en général l'alimentation en eau ne réponde pas aux normes de l'Organisation consultative de l'assurance (IAO), la présence de bornes d'incendie améliore l'efficacité des véhicules d'incendie.

Les systèmes d'alarme sont extrêmement simples. Ils se composent généralement de quelques avertisseurs directement reliés à une sirène. Une seule agglomération très étendue possède un système plus complexe. Les défectuosités électriques habituelles ne manquent pas mais, les agglomérations étant plus faciles d'accès, ces problèmes se règlent rapidement.

Contrairement à ce qui se passe dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon les inspecteurs du Bureau du commissaire des incendies sont en contact étroit avec les collectivités. Si un véhicule d'incendie tombe en panne ou si un chef des pompiers ne fait pas son travail correctement, l'inspecteur peut se rendre sur place et rectifier la situation. Les véhicules d'incendie achetés par le gouvernement font régulièrement l'objet d'une révision générale à Whitehorse, ce qui permet de prolonger bien davantage leur durée de vie utile.

Les services d'incendie sont organisés de la même manière que dans les T.N.-O. Le chef et les pompiers sont tous volontaires et leur travail n'est rétribué que pour la forme. Les problèmes de rotation du personnel y sont aussi aigus que dans les T.N.-O. et, par conséquent, l'expérience des pompiers reste limitée. Dans la plupart des cas, la formation est également laissée à l'initiative du chef. Ici encore, la possibilité pour l'inspecteur de se rendre dans les différentes localités lui permet d'organiser des séances de formation et des exercices de manoeuvre.

Les méthodes de vérification des plans sont semblables à celles qui ont cours dans les T.N.-O., mais étant donné le faible taux démographique et le petit nombre d'agglomérations, ce travail peut être effectué plus systématiquement. La collaboration entre inspecteurs des installations mécaniques, électriques et des chaudières est étroite, de sorte que lorsque l'un d'eux se rend dans une localité, il peut solutionner un problème qu'un autre inspecteur lui aura signalé. La facilité d'accès des agglomérations favorise également les programmes d'inspection en cours.

Groenland. Dans cette région, la lutte contre l'incendie diffère à bien des égards de celle qui est pratiquée en Amérique du Nord. Dans toutes les collectivités, la sécurité incendie relève de l'État. La Greenland Technical Organization (GTO) était jusqu'à tout récemment chargée d'assurer le fonctionnement des services d'incendie et autres services publics dans toutes les localités. Ces services sont par conséquent bien organisés, dotés d'un équipement de qualité et bien exploités. Ils sont également normalisés dans une large mesure. La situation s'est récemment modifiée avec l'accession à l'autonomie politique. Les services d'incendie relèvent maintenant des autorités municipales mais ils continueront probablement de fonctionner de la même façon que par le passé, tout au moins dans l'immédiat.

La population du Groenland est beaucoup plus concentrée que celle des Territoires du Nord-Ouest, du Yukon ou de l'Alaska, la plupart des habitants vivant dans des villes de 1500 à 10 000 habitants. Il existe beaucoup d'immeubles d'appartements, de maisons semi-détachées, ainsi que des quartiers de maisons unifamiliales. Dans toutes les villes, il y a des canalisations d'eau et des bornes d'incendie, quoique le débit d'eau d'incendie soit bien en-deçà des normes en vigueur en Amérique du Nord.

Chaque ville possède un poste de pompiers avec des salles de réunion, ateliers, espaces de rangement et de la place pour stationner au moins quatre véhicules. Le véhicule d'incendie principal comporte une citerne, un boyau d'incendie et une pompe capable de fournir simultanément des jets de lance à faible volume et pression élevée, et des jets à volume élevé et pression régulière. Les lances à eau à haute pression sont utilisées dans presque tous les cas d'incendie. Cette technique de pulvérisation permet de consommer beaucoup moins d'eau qu'on ne le fait normalement en Amérique du Nord. Son succès est fondé sur l'emploi de plus en plus fréquent de matériaux de construction non combustibles, surtout dans les grands édifices. Les gros incendies nécessitent des volumes d'eau importants, et il est difficile de les combattre avec les petites pompes danoises.

L'approvisionnement en eau est suffisant du point de vue des normes européennes de sécurité incendie, mais ne le serait pas selon les normes nord-américaines.

Le poste de chef des pompiers constituait jusqu'à tout récemment un emploi rémunéré à temps partiel, souvent occupé par un employé danois de la GTO. Les chefs étaient compétents et expérimentés, capables d'assurer l'entretien, l'administration et la formation au niveau local. Les volontaires étaient choisis parmi les résidents, et il y avait souvent une liste d'attente de personnes désireuses de faire partie de ce service. La rotation du personnel n'a jamais vraiment posé de problèmes, un bon nombre de membres possédant au-delà de dix années d'expérience. Chaque année, une formation pratique était accessible à un certain nombre de volontaires dans un collège régional.

La dimension des agglomérations et les compétences techniques de la GTO ont permis l'utilisation fructueuse de matériel et de techniques assez perfectionnés. Impossible encore de savoir si cette situation est appelée à se modifier avec l'accession à l'autonomie politique. Si toutes les municipalités réussissent à administrer leur service d'incendie avec autant de succès que la GTO, elles pourraient servir d'exemples aux villes nord-américaines de même importance.

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA SITUATION ACTUELLE DANS LES RÉGIONS SEPTENTRIONALES

La situation de la sécurité incendie en Alaska, au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest ou au Groenland varie quelque peu en raison des différences dans la quantité et le type de matériel et d'aide disponibles de même que des conditions de vie diverses des collectivités. Les graphiques suivants donnent une idée sommaire de la situation dans ces régions par rapport aux moyennes canadiennes et américaines. Quelques remarques accompagnent ces données.

Le terme "établissements de population" utilisé dans les graphiques désigne les petites agglomérations isolées, composées en grande partie d'autochtones. Ces données représentent les moyennes de 1970 à 1980.

REMARQUES

1. Les pertes moyennes par habitant en termes de biens matériels et de vies humaines sont nettement plus élevées dans toutes les régions septentrionales que dans les régions méridionales. Elles sont au moins deux fois plus élevées (sinon beaucoup plus) que dans le Sud (figures 1 et 2).
2. Au Groenland et dans le Nord canadien les pertes par habitant sont à peu près équivalentes; elles sont beaucoup plus élevées en Alaska (figure 2).
3. À l'intérieur de chaque région septentrionale, les pertes par habitant sont plus élevées dans les petites agglomérations que dans les villes (figures 1 et 2).

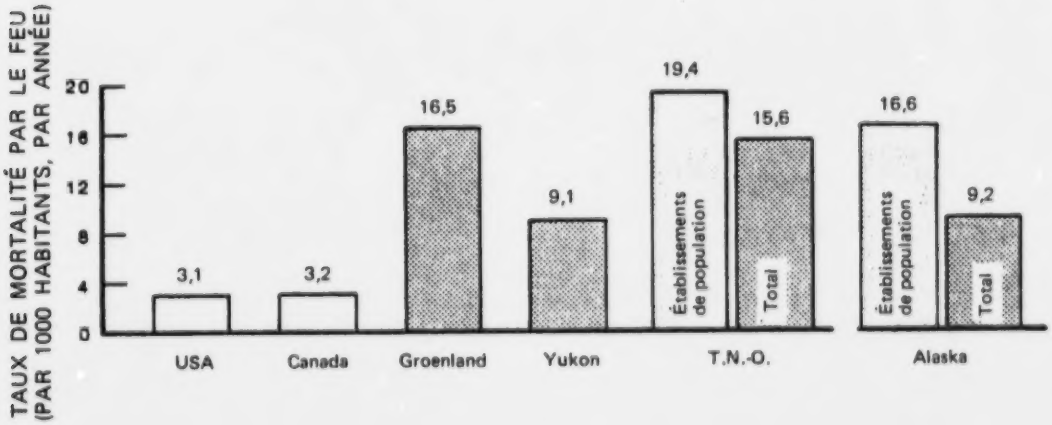


FIGURE 1 TAUX DE MORTALITÉ PAR LE FEU

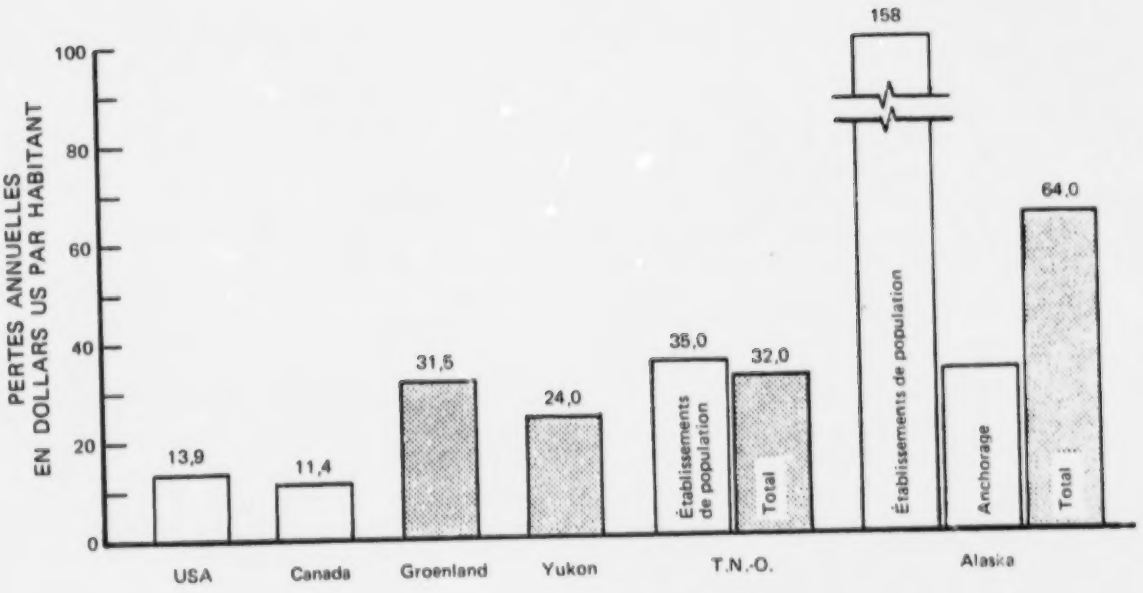


FIGURE 2 PERTES ANNUELLES EN DOLLARS US PAR HABITANT

4. À l'intérieur de chaque région septentrionale, les pertes moyennes par incendie sont beaucoup plus élevées dans les petites agglomérations que dans les villes (figure 4).
5. Le nombre annuel d'incendies par habitant dans les petites agglomérations est nettement inférieur à celui des villes. Cette situation n'est pas attribuable à des services d'incendie de qualité supérieure, mais simplement aux conditions sociales et économiques traditionnelles qui prévalent encore dans les petites collectivités (figure 3).

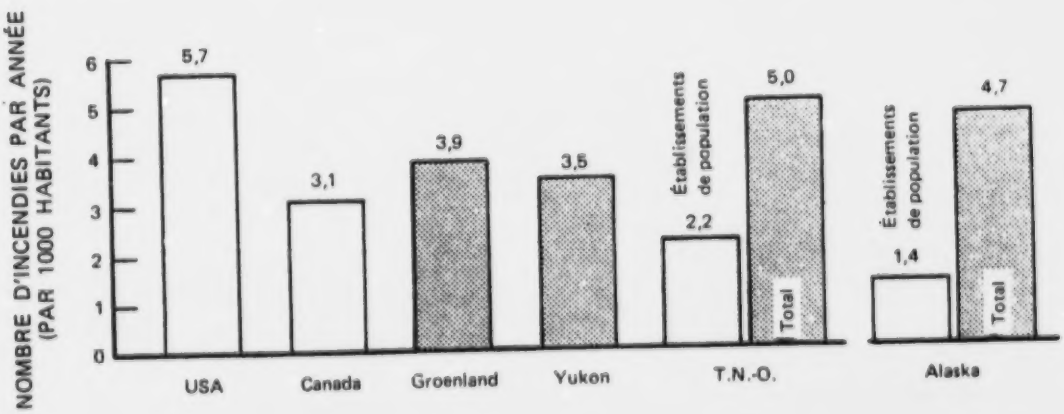


FIGURE 3 NOMBRE D'INCENDIES PAR ANNÉE (PAR 1000 HABITANTS)

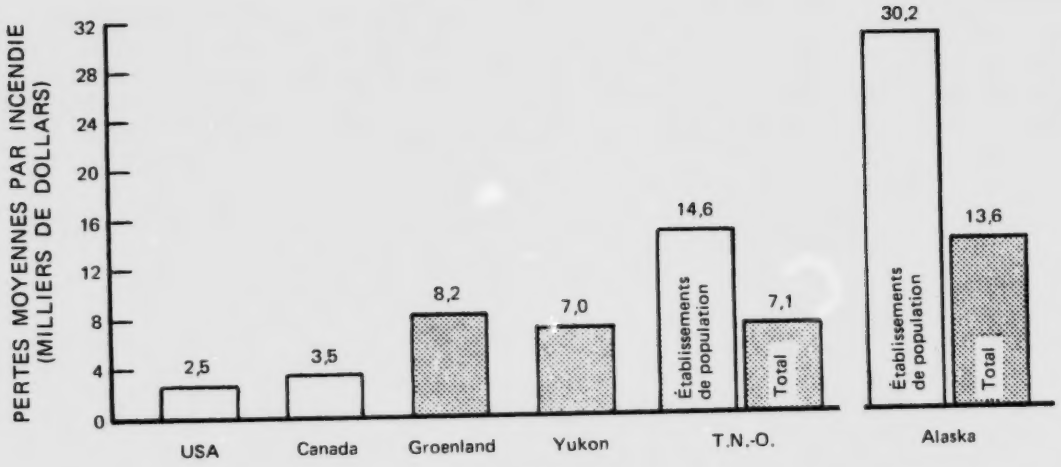


FIGURE 4 PERTES MOYENNES EN DOLLARS PAR INCENDIE

6. C'est au Groenland que le budget consacré par habitant à la sécurité incendie, tant sur le plan de la lutte contre l'incendie que sur celui de la prévention, est le plus important, et c'est en Alaska qu'il est le plus faible. Dans le Nord canadien, le niveau des dépenses se situe entre les deux tout en se rapprochant davantage du niveau de l'Alaska que de celui du Groenland (figure 5).

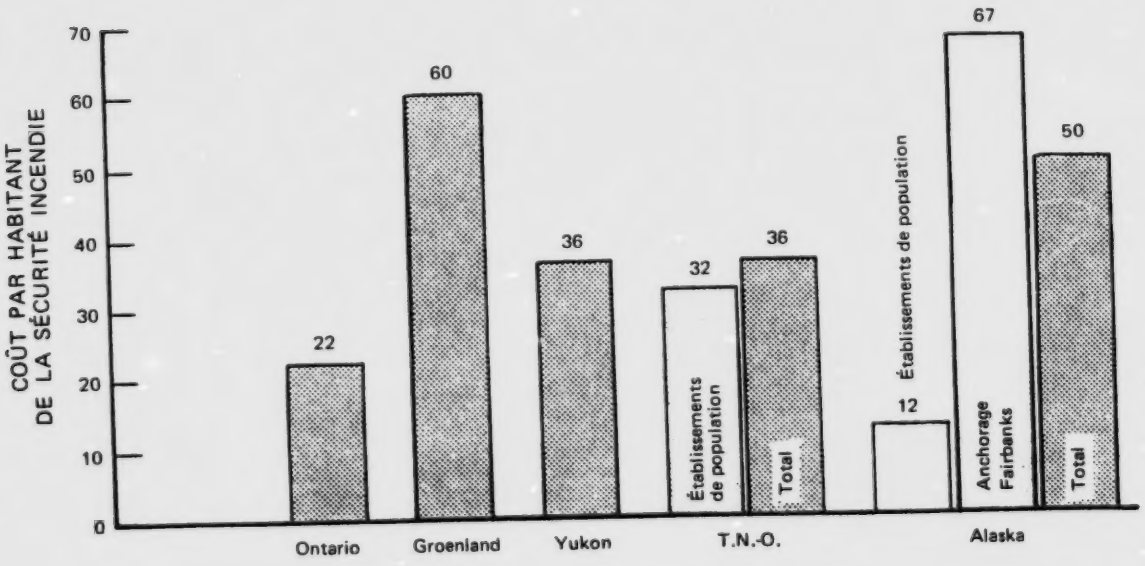


FIGURE 5 ESTIMATION DES COÛTS EN CAPITAL ET DES FRAIS D'EXPLOITATION ANNUELS DES SERVICES D'INCENDIE

7. Dans les Territoires du Nord-Ouest, les sommes consacrées par habitant à la sécurité incendie dans les établissements de population sont légèrement inférieures à celles des villes. En Alaska, les dépenses par habitant des établissements de population sont très faibles comparativement à celles des grandes agglomérations. Celles-ci dépensent à peu près les mêmes sommes que les villes des Territoires du Nord-Ouest. Anchorage et la région environnante ont probablement le budget de sécurité incendie par habitant le plus élevé de toutes les villes du Nord, mais c'est un cas unique (figure 5).
8. La comparaison des pertes par le feu dans les établissements de population de l'Alaska et ceux du Canada révèle que les sommes consacrées à la sécurité incendie ont une incidence sur les pertes si l'on tient compte des différents niveaux de dépenses, que ce soit en termes de prévention proprement dite ou de frais des services d'incendie (figure 5).
9. La comparaison des pertes par le feu dans les établissements de population au Canada et les villes du Groenland semble indiquer que beaucoup d'argent et d'énergie consacrés à la sécurité incendie ne se traduisent pas par une réduction des pertes par le feu. Toutefois, cette comparaison est boiteuse, étant donné que les conditions physiques au Groenland sont très différentes de celles qui prévalent dans les agglomérations canadiennes. Si les moyens mis en oeuvre au Groenland ne dépassaient pas ceux déployés dans le Nord canadien, les pertes seraient certainement plus élevées qu'elles ne le sont à l'heure actuelle (figure 5).
10. Le taux de décès par le feu dans les régions septentrionales semble être relié, moins à l'importance des mesures de protection contre l'incendie qu'aux conditions environnementales et sociales. Les plus fortes baisses découlent bien davantage de programmes sociaux comme la sensibilisation des résidents aux mesures préventives que d'autres facteurs (figure 1).

OBJECTIFS ET MOYENS

La sécurité incendie a comme premier objectif de protéger la vie humaine et les biens matériels contre les ravages du feu. Les dégâts sont calculés en termes de pertes par habitant. On distingue le nombre d'incendies par habitant et les pertes moyennes par incendie. Les pertes se mesurent en termes de pertes directes en dollars, de pertes directes et indirectes en dollars, en pertes de vie, en primes d'assurance moins les règlements, ou par d'autres méthodes comptables. Dans la majorité des cas, pour éviter toute confusion, on se réfère aux pertes directes en dollars et au nombre de décès.

Le moyen de réduire les dégâts consiste à établir un système intégré de sécurité incendie. Un tel système comporte deux aspects: les mesures préventives et la lutte contre l'incendie. La prévention vise à réduire les risques d'incendie et elle comprend également le contrôle d'incendies antérieurs au moyen des plans de construction. La lutte contre l'incendie a pour objectif de circonscrire les incendies qui ont déjà pris des proportions considérables. Ces deux aspects de la sécurité incendie sont importants, mais ils sont en général envisagés séparément et souvent assumés par des organismes différents. La prévention doit contribuer à réduire le nombre d'incendies par habitant et avoir également une incidence sur les pertes moyennes par incendie; la lutte contre l'incendie influe principalement sur les pertes moyennes par incendie.

L'efficacité de ces mesures dépend des conditions physiques et sociales de chaque collectivité. Les agglomérations septentrionales se trouvent dans des conditions particulières en ce qui a trait au climat, à la population, à l'alimentation en eau, au degré d'isolement, au genre de construction, à l'économie et au mode de vie des habitants. C'est pourquoi il faut tenir compte des conditions de la collectivité et de leurs transformations probables avant de déterminer de système de sécurité incendie le plus efficace.

L'analyse des données montre les facteurs ou les mesures qui peuvent contribuer le mieux à réduire les pertes par le feu. Les méthodes de sensibilisation en matière de prévention, ou les normes de qualité de la construction doivent toutes être améliorées dans les collectivités plus développées. L'amélioration des moyens de lutter contre l'incendie, comme le matériel des services d'incendie ou les sources d'approvisionnement en eau, permet de réduire les pertes en dollars. C'est pourquoi il faut toujours rechercher de nouvelles solutions.

Les recommandations suivantes sont le fruit de l'expérience de personnes responsables de la sécurité incendie dans le Nord, de l'Alaska au Groenland, ainsi que de l'analyse économique et technique de problèmes particuliers. Ce travail a été présenté en détail dans le rapport final de G.W. Heinke et E. Bowering "Fire Protection and Prevention in Communities of the Northwest Territories and Yukon Territory".

Ces recommandations ont été quelque peu modifiées pour les rendre applicables à toutes les régions septentrionales. Certaines d'entre elles ont déjà été mises en vigueur en différents endroits.

RECOMMANDATIONS

Sensibilisation des résidents. Un programme global mettant l'accent sur la sécurité incendie des habitations et s'appliquant tout particulièrement aux collectivités septentrionales devrait être mis sur pied. Le premier point concerne les mesures à prendre en cas d'incendie (par exemple sécurité des personnes) et le moyen de prévenir les incendies. Il importe aussi d'enseigner la manière d'utiliser les détecteurs de fumée et les extincteurs, et d'indiquer le moment où il faut appeler le service d'incendie. Les collectivités qui ont le plus pressant besoin de ce genre de programmes sont les grands villages et les villes, leur taux de fréquence d'incendie étant le plus élevé. La majorité des collectivités ont maintenant la télévision et la radio; ces deux médias pourraient être plus largement utilisés.

Législation. La normalisation du code du bâtiment devrait être étendue dans toute la mesure du possible, pour garantir un niveau raisonnable de sécurité dans les zones d'habitations. Les détecteurs de fumée devraient être obligatoires dans tous les bâtiments, les extincteurs automatiques à eau dans les grands édifices. Il faudrait organiser un système pour fournir aux petites collectivités sans assiette fiscale les fonds nécessaires à l'achat de matériel et au fonctionnement d'un service d'incendie.

Distance entre les constructions. Dans la majorité des agglomérations, un espace suffisant laissé entre les bâtiments constitue le seul moyen raisonnable de prévenir les conflagrations, les moyens mis au point par l'homme faisant souvent défaut. Les distances entre les constructions prescrites par le Code national du bâtiment au Canada doivent être respectées. L'espace requis doit être doublé lorsqu'il n'existe pas de service d'incendie ou de source d'approvisionnement en eau suffisante. Pour une maison unifamiliale en bois, la distance est de 12 m.

Qualité de la construction. Les bâtiments peuvent être moins vulnérables grâce à une conception appropriée et à l'emploi de matériaux non combustibles. La conception appropriée d'un bâtiment permet aussi à ses occupants de sortir avec plus de rapidité et de facilité, réduisant ainsi les risques de blessures et de pertes de vie. Les méthodes de

construction courantes dans le Nord, surtout en ce qui a trait à la construction domiciliaire, devraient être examinées avec un oeil critique. Il faudrait accorder une plus grande attention aux coupe-feu entre les chambres à coucher, la cuisine et la salle des chaudières, aux issues de secours dans les chambres, et chercher à employer des matériaux ignifuges.

Une augmentation de personnel s'impose au Bureau du commissaire des incendies, pour réviser les plans d'intervention et assurer des inspections régulières. Le personnel devrait résider dans les centres régionaux et, autant que possible, travailler avec le chef des pompiers local.

Systèmes de détection. Les détecteurs de fumée se sont avérés très utiles pour réduire sensiblement le nombre des décès par le feu, mais dans le Nord ces dispositifs ne sont pas toujours utilisés à cause d'un manque d'information du public et d'une conception inadéquate. Des recherches devraient être effectuées afin de déterminer le meilleur type de détecteur pour les habitations des agglomérations septentrionales, compte tenu des niveaux relativement élevés de fumée ambiante; l'installation d'un tel système devrait être rendue obligatoire. Des appareils de détection avec un système d'alarme extérieur ou éloigné devraient être installés dans les secteurs non surveillés comme les vides sanitaires, les utilidors, les immeubles de service et les écoles.

Réseaux d'extincteurs automatiques à eau. De tels réseaux devraient être installés dans tous les grands édifices. C'est encore le moyen le plus efficace pour lutter contre les incendies importants, surtout dans les petites agglomérations où les sources d'approvisionnement en eau et les services d'incendie sont limités. Dans les petits locaux éloignés comme les salles de pompes, des systèmes combinés, comme le système au halon, devraient être installés. Ces systèmes sont plus efficaces dans des conditions défavorables, mais ils coûtent trop cher pour être employés dans les grands bâtiments.

Réseau public d'alerte. La fiabilité doit être la caractéristique essentielle d'un système d'alerte, et cette qualité exige en tout premier lieu la simplicité. S'il existe un standard téléphonique en activité 24 heures par jour, il conviendrait de l'utiliser pour le service d'incendie. La personne en charge du standard téléphonique peut avertir le service d'incendie par message radio, ou mettre en marche la sirène de la ville. Si ces moyens n'existent pas, il faudrait recourir au système des appels téléphoniques pyramidaux. Si on ne peut compter sur le téléphone, il convient alors d'employer une simple sirène branchée directement avec un minimum de postes d'appel. (Cela suppose que seules les toutes petites agglomérations n'ont pas de réseau téléphonique.)

Véhicules d'incendie. La taille de l'agglomération et le système d'approvisionnement en eau déterminent le choix des véhicules appropriés. Une description succincte de trois unités de base figure ci-dessous.

Autopompe mixte:

- motopompe de 2840 l/min à 1034 kPa
- citerne de 4500 l d'eau
- boyau, lances d'incendie, raccords, échelles et autre matériel de même nature.

Pompe et boyau:
- camion d'une tonne muni d'un support pour 500 m de boyau de gros diamètre
- espace pour l'équipement accessoire
- motopompe portative de 1000 l/min montée sur remorque.

Dévidoir automobile:
- citerne de 6000 l d'eau (ou aussi grosse que possible, compte tenu des conditions routières de la localité)
- pompe de 1000 l/min
- raccords permettant à l'autopompe mixte de s'alimenter directement à même la citerne.

L'autopompe mixte serait utile dans la majorité des agglomérations de plus de 300 habitants, à l'exception de celles où l'eau est transportée par les habitants ou par véhicule, depuis une source éloignée. Dans les agglomérations où il existe un système de transport par camion avec une source d'approvisionnement en ville ou un petit réseau de canalisations, une pompe et un boyau d'incendie devraient être disponibles comme source d'alimentation supplémentaire. Les localités de plus de 1000 habitants devraient posséder un dévidoir automobile. Par contre, dans les agglomérations équipées de bornes d'incendie, le dévidoir, la pompe et le boyau ne sont pas nécessaires.

Casernes de pompiers. Un local prévu uniquement pour recevoir les sapeurs-pompiers devrait faire partie de chaque service d'incendie et posséder les caractéristiques suivantes:
- une voie de stationnement pour chaque véhicule;
- un minimum de deux voies de stationnement s'il y a une autopompe mixte;
- un emplacement à l'intérieur pour laver, dégeler et sécher les boyaux et le matériel;
- le moyen de remplir d'eau les voitures d'incendie et les dévidoirs.

Organisation et formation. Le chef des pompiers doit occuper son poste au moins à temps partiel dans toutes les petites localités, et à temps plein dans les villes et villages. À ce titre, il devait suivre des cours de formation concernant les techniques de lutte contre l'incendie, les questions administratives, l'art de mener des enquêtes et de rédiger des rapports, l'inspection des bâtiments et la prévention des incendies. Ces cours de formation devraient être conçus spécialement à l'intention des collectivités du Nord.

Des instructeurs résidant dans les centres régionaux devraient aider le chef local des pompiers dans tous les domaines. Il pourrait s'agir de personnes employées par le Bureau du commissaire des incendies (voir le paragraphe portant sur la "qualité de la construction"). Il faut trouver un moyen de conférer aux pompiers volontaires un statut particulier au sein de la collectivité. Un service d'incendie efficace dépend bien plus de son personnel que de l'équipement ou des installations.

Service public d'approvisionnement en eau. Dans presque toutes les collectivités du Nord, l'alimentation en eau des services d'incendie dépend du système de distribution le plus rentable pour une collectivité. Le type de système choisi dépend de la consommation d'eau prévue, mais il doit également assurer la meilleure protection possible contre l'incendie.

Dans le cas d'un point d'eau central avec transport de l'eau par l'usager, le service d'incendie devrait pouvoir être raccordé au réservoir. Une motopompe portative conviendrait ici. Il faut veiller cependant à ne pas épuiser ou contaminer l'approvisionnement en eau de la collectivité.

Le système de transport par camion-citerne à partir d'une source au centre de l'agglomération présente des avantages pour la lutte contre l'incendie. La citerne, pleine autant que possible, doit être entreposée dans un garage chauffé et prête à répondre à toutes les alertes. Une pompe de 1000 l/min devrait être installée sur le camion-citerne ou disponible sur les lieux du sinistre, pour le remplissage du véhicule d'incendie.

Lorsqu'un réseau de canalisations est envisagé (pour une population de 500 à 2000 habitants), il devrait être conçu de manière à alimenter, à raison de 3600 l/min, les bornes d'incendies placées à intervalles réguliers dans toute l'agglomération. Une quantité minimale de 432 000 l d'eau doit également être emmagasinée. Les prises d'eau devraient être alignées et, de préférence, placées dans des trous d'homme. L'entretien courant (comme de boucher les orifices de vidange, vider les bornes d'incendie après usage et ajouter 4 litres d'antigel non toxique dans la colonnette), des bornes d'incendie doit être assuré. Dans la majorité des cas, l'économie réalisée en aménageant un réseau de canalisations de petit diamètre est négligeable, compte tenu du coût total du réseau d'eau et d'égouts. Au Groenland, des canalisations de petit diamètre sont en usage, mais on emploie une technique à faible volume d'eau à basse pression qui peut être utilisée que si les bâtiments sont résistants au feu et l'équipe de volontaires, bien entraînée.

Extincteurs portatifs et dispositifs domestiques. Dans toutes les habitations, des extincteurs à cartouche et à poudre sèche devraient se trouver à proximité de la cuisine et de la chaudière. Les extincteurs portatifs devraient autant que possible être du même type et pouvoir être entretenus par le service d'incendie local. Dans les maisons équipées d'un réseau sous pression, on laissera branché en permanence un boyau d'arrosage enroulé dans un endroit commode. Les occupants des habitations qui ne sont pas desservies par un réseau sous pression doivent garder un seau d'incendie près du réservoir de stockage.

Système d'alerte incendie. Les systèmes de données mis au point par le commissaire fédéral des incendies (Canada) ou l'Alaska National Fire Reporting System (ANFIRS) devraient être utilisés. Au Canada, les commissaires territoriaux sont tenus de communiquer au commissaire fédéral des incendies toutes les données nécessaires à l'analyse des besoins des régions septentrionales en matière de sécurité incendie.

Considérations sur l'assurance. Les gouvernements régionaux devraient discuter avec les compagnies d'assurance pour obtenir que les améliorations apportées aux systèmes de protection contre l'incendie puissent entraîner une réduction des primes d'assurance-incendie. Grâce à l'adoption des recommandations formulées dans cette étude, les pertes par le feu devraient diminuer pour atteindre des niveaux voisins de ceux qui ont cours dans les régions méridionales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre gratitude au gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, qui nous a fourni la majeure partie des fonds nécessaires à cette étude. Nous remercions en outre le gouvernement du Yukon et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie qui ont aussi participé à son financement, de même que l'État de l'Alaska, qui a financé la deuxième année de l'étude pour les travaux effectués sur son territoire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Comité associé sur le code du bâtiment, Conseil national de recherches du Canada, 8e édition, Ottawa, Le Conseil, 1980.

Heinke, G.W. et Bowering, E.J., "Fire Protection and Prevention in Communities of the Northwest Territories and Yukon Territory", département du Génie civil, Université de Toronto, avril 1982, rapports provisoires, avril 1980 et avril 1981.

National Fire Protection Association, Fire Protection Handbook, Fourteenth Edition, ed., G.P. McKinnon, Boston, Mass., National Fire Protection Association, 1976.

Northwest Territories Water and Sanitation Systems Analysis Computer Program, Volume I, "The Cost Effective Approach", Sous-section de la technologie nordique, Service de la protection de l'environnement, Edmonton, Alberta, Section eau et hygiène, Division des affaires municipales, département de l'Administration locale, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, nov. 1979.

Public Fire Protection Survey Services, Water Supply for Public Fire Protection, Toronto, Ontario, Insurance Bureau of Canada, 1977.

Smoyer, N., "Background Information for a Research Program on Use of Smoke Detectors in Rural Alaska Residences", Juneau, Alaska, Alaska Council on Science and Technology, 1981.

PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE ET SERVICES PUBLICS AU GROENLAND

Gunnar P. Rosendahl
Greenland Technical Organization (GTO)

L'approvisionnement énergétique au Groenland dépend à 98 p. 100 des importations de pétrole. Il s'agit en outre d'une qualité de pétrole particulière. Dans ce pays, l'huile lourde ne peut pas être utilisée car il faudrait la chauffer pour qu'elle reste visqueuse sous le climat froid. C'est pourquoi on consomme un type d'huile produite grâce à un procédé spécial de raffinage à partir du pétrole de la mer du Nord, et qui peut être utilisee dans les régions où la température est basse.

Bien qu'à première vue des difficultés d'approvisionnement ne soient pas à craindre dans un proche avenir, il semble que le prix du pétrole continuera d'augmenter plus rapidement que celui des autres ressources énergétiques. Les conditions mondiales d'approvisionnement en pétrole sont alarmantes du point de vue sécurité. Les ressources actuelles sont concentrées surtout au Moyen-Orient. Une crise politique peut provoquer une pénurie de pétrole à brève échéance.

La situation d'isolement du Groenland, cette grande île au milieu de l'océan Arctique, rend le pays particulièrement vulnérable. Un rajustement de l'approvisionnement énergétique, qui pourrait atténuer cette dépendance quasi totale à l'égard du pétrole, est devenu le sujet de l'heure. Sans compter que cette réorientation prendra des années.

À la lumière de ces faits, la Greenland Technical Organization (GTO) a participé à l'élaboration d'un plan énergétique qui, lorsqu'il aboutira en l'an 2000, devrait modifier de fond en comble le système d'approvisionnement. D'après ce plan, l'approvisionnement énergétique peut être repensé de telle sorte que le Groenland de l'an 2000 ne consommera plus que 20 p. 100 de pétrole. Le reste de ses besoins en énergie sera comblé par l'énergie hydroélectrique (50 p. 100) et le charbon (30 p. 100). (Voir figure 1.)

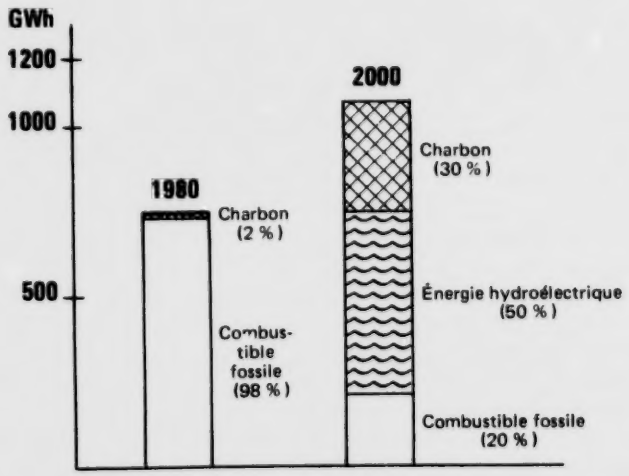


FIGURE 1 PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE DU GROENLAND

GISEMENTS PÉTROLIFÈRES AU GROENLAND

On n'a découvert jusqu'à maintenant aucun gisement pétrolifère ou gazier au Groenland. En 1975, un certain nombre de sociétés pétrolières importantes ont entrepris des forages au large de la partie occidentale de l'île. Cependant, toutes ces explorations se sont révélées infructueuses. Les dépôts géologiques seraient trop récents. Depuis, aucun autre forage n'a été tenté.

Toutefois, on sait qu'il existe des projets d'exploration sur la côte orientale de l'île et, bien entendu, on espère y découvrir du pétrole au cours de la décennie. Mais il peut s'écouler encore dix bonnes années avant qu'une nappe pétrolifère puisse être exploitée à des fins commerciales. En outre, le transport du pétrole à partir du Groenland est difficile car il doit s'effectuer au moyen de grands pétroliers brise-glace. On procède de la même manière au Canada, dans le cadre d'un projet pilote de transport du pétrole des îles arctiques à destination des provinces situées au Sud.

Il faut ajouter à cela que les coûts de production du pétrole au Groenland seront élevés. Le prix du pétrole en provenance du Groenland devra suivre le prix du marché mondial, et l'exploitation ne saurait débuter tant que les prix du marché ne rendront pas la production rentable.

En d'autres termes, il semble que l'exploitation pétrolière au Groenland ne sera pas entreprise avant longtemps encore.

GISEMENTS DE CHARBON

Le Groenland possède plusieurs gisements de charbon. Jusqu'en 1972, la GTO a exploité à perte une petite mine qui produisait du charbon destiné uniquement à la consommation locale. Cette mine a été fermée parce qu'à l'époque il était plus facile et économique de compter presque exclusivement sur le pétrole pour satisfaire les besoins énergétiques du Groenland.

Depuis la crise de l'énergie au milieu des années 1970, une recherche plus systématique des réserves charbonnières du Groenland a été entreprise, et un gisement important a été découvert dans la partie occidentale de l'île. Ce gisement se compose d'une multitude de minces couches de charbon qui doivent être extraites du sous-sol. Les calculs montrent que le charbon de ce gisement ne peut se mesurer avec celui qui provient par exemple de l'Australie ou de la Pologne.

URANIUM

Du minerai d'uranium a été découvert dans la partie méridionale de l'île. Les forages indiquent l'existence certaine d'un gisement de 27 000 tonnes d'uranium et une réserve estimée à 16 000 tonnes. Ces chiffres le placent parmi les gisements moyens d'uranium dans le monde. Toutefois, la qualité de ce minerai est inférieure à celles des dépôts qui ont été exploités jusqu'à maintenant.

À toutes fins pratiques, l'exploitation du minerai ne pourrait débuter avant les années 1990, à condition d'obtenir l'appui gouvernemental. Cependant, l'uranium a peu de chance de devenir une source importante d'énergie, ce pays étant trop petit pour justifier l'installation de centrales nucléaires.

ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

La côte alpine très lobée du Groenland, avec sa multitude de fiords profonds, offre assez peu de possibilités au développement de l'énergie hydroélectrique. Toutefois, les possibilités d'établir de petites centrales restent innombrables.

Au milieu des années 1970, la GTO a entrepris d'étudier la possibilité de construire des centrales hydroélectriques. On s'est d'abord intéressé aux principales sources d'énergie à bon marché pour les besoins des industries grandes consommatrices d'énergie; on a produit de l'ammoniac, de l'aluminium, du ferrosilicium, etc. Les analyses de rentabilité ont montré qu'il valait mieux ne pas entreprendre d'investigations trop importantes mais qu'il suffisait de garder les différents secteurs sous observation (figure 2).

On s'est alors tourné vers les nombreuses petites ressources en énergie hydroélectrique susceptibles d'être exploitées à l'échelle régionale. La GTO s'est inspirée de l'Islande pour son modèle de développement. Depuis nombre d'années, l'Islande produit l'énergie hydroélectrique nécessaire à l'éclairage et au chauffage des villes, et elle a pu ainsi réduire sa consommation d'énergie importée. Un grand nombre de petites centrales ont été construites là où c'était le plus profitable. Ce n'est que beaucoup plus tard que de grandes centrales hydroélectriques ont été bâties pour fournir de l'électricité à bon marché aux industries grandes consommatrices d'énergie.

Au cours des recherches effectuées au Groenland ces dernières années, la GTO a découvert environ quarante réservoirs d'importance mineure, situés près de villes où des centrales hydroélectriques pourraient être construites. Dans la plupart des cas, il s'agit de petits réservoirs dont on pourrait tirer de 3 à 45 GWh par année. Certains projets prévoient des quantités d'énergie potentielle de l'ordre de 75 à 350 GWh par année. Dans certaines villes, il sera possible de produire toute l'énergie hydroélectrique nécessaire pour satisfaire entièrement les besoins en éclairage et en chauffage, tout en obtenant de l'énergie excédentaire à bon marché qui pourrait être utilisée par l'industrie locale. Cependant, le cas le plus courant est celui de la petite centrale hydroélectrique qui pourvoit en partie seulement aux besoins énergétiques de la ville.

Le territoire libre entre la mer et la calotte glaciaire qui forme l'intérieur du Groenland est très étroit. Nombre des réservoirs qui pourraient alimenter des centrales hydroélectriques sont situés à la lisière de la calotte et reçoivent une bonne part de ses eaux de fonte. Les conditions de ruissellement de la calotte glaciaire restant assez mal connues, l'incertitude devrait subsister encore un bon nombre d'années sur le potentiel énergétique réel.

Le pergélisol sera aussi une source de problèmes pour les conduites sous pression des centrales hydroélectriques. La glace qui peut se former dans les conduites risque de réduire le débit ou d'être entraînée dans les turbines. La construction de lignes de transport à haute tension dans des régions exposées aux coups de vent et au givre constitue un autre problème à résoudre.

La GTO a procédé à des observations et à des études, et on espère être en mesure de résoudre les problèmes précis qui surviendront pendant un certain temps lorsqu'on construira des centrales hydroélectriques en haute altitude.

ÉNERGIE ÉOLIENNE

La GTO a installé en plusieurs points du Groenland des anémomètres en vue d'établir la taille des éoliennes pouvant fonctionner au Groenland. Les résultats préliminaires du mesurage semblent indiquer que, dans l'atmosphère au-dessus du Groenland, il existe une réserve énergétique très importante. Mais les futures éoliennes devront également pouvoir résister aux nombreux coups de vent hivernaux.

FIGURE 2 RÉSERVES D'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE POTENTIELLE - LÀ OÙ DES RECHERCHES SYSTÉMATIQUES SONT EN COURS

Une autre condition essentielle pour que les éoliennes puissent se mesurer avantageusement aux autres ressources énergétiques réside dans la possibilité de mettre au point une méthode économique pour emmagasiner des quantités raisonnables d'énergie. Toutefois, il ne s'agit pas là d'un problème propre au Groenland mais d'une question internationale. Il est trop onéreux de posséder à la fois une éolienne et une autre source d'énergie à même de répondre à la demande par temps calme ou en période de coups de vent.

Pendant la phase de planification qui durera jusqu'à l'an 2000, il demeure plus réaliste de considérer l'énergie éolienne comme une source d'énergie complémentaire, capable de satisfaire une faible partie seulement des besoins en énergie.

ÉNERGIE SOLAIRE

À l'heure actuelle, l'énergie solaire ne semble pas susciter un grand intérêt dans les régions arctiques. Cependant, les observations montrent que le nombre d'heures d'ensoleillement, même dans la partie septentrionale de l'île, correspond à celui du Danemark. Toutefois, les premiers frais d'installation d'une centrale à énergie solaire restant encore excessivement élevés et on n'estime pas, au stade de la planification, que le développement de l'énergie solaire revêt une importance immédiate.

SOURCES D'APPROVISIONNEMENT ACTUELLES

Commme il a été mentionné plus haut, le Groenland consomme 98 p. 100 de pétrole et 2 p. 100 de charbon importé.

De la consommation énergétique totale, le chauffage des habitations compte pour 60 p. 100, la production d'électricité pour 20 p. 100 et les derniers 20 p. 100 servent à l'industrie régionale, entreprises de produits de la mer, chalutiers et bateaux de pêche, et au secteur du transport.

Au Danemark, la consommation est répartie ainsi: 33 p. 100 pour le chauffage, 13 p. 100 pour la production d'électricité, 25 p. 100 pour l'industrie et 29 p. 100 pour les véhicules automobiles. Ces chiffres indiquent très clairement que le Groenland est une région arctique avec une production industrielle modérée.

Chaque ville du Groenland possède sa propre centrale énergétique, d'une capacité suffisante pour répondre à ses besoins. Il n'est pas possible de songer à des opérations conjuguées entre les centrales énergétiques de chaque ville, en raison des grandes distances qui les séparent. C'est pourquoi il a été jusqu'à maintenant plus avantageux de faire fonctionner ces petites centrales locales au diesel pour produire de l'électricité.

Étant données les conditions climatiques, la stabilité de l'approvisionnement en électricité s'avère d'une importance décisive, et les villes du Groenland sont devenues au cours des vingt-cinq dernières années entièrement dépendantes d'une source d'électricité très fiable. Une panne d'électricité de durée même assez courte pourrait avoir des effets désastreux en hiver puisque, entre autres, les systèmes de chauffage, d'alimentation en eau et les égouts pourraient être mis hors d'usage.

Depuis la Seconde Guerre mondiale, le Groenland, de société à faible consommation énergétique, s'est transformé en une société grande consommatrice d'énergie. Ainsi, cette consommation a été multipliée par cinq de 1960 à 1980. Durant la même période, la population s'est considérablement accrue, de sorte que la consommation d'énergie par habitant est actuellement deux fois et demie plus importante qu'en 1960. La consommation énergétique par habitant en 1980 atteignait 2,88 tonnes en équivalent pétrole (tep). Par comparaison, la consommation énergétique au Danemark s'élevait à 3,81 tep (figure 3).

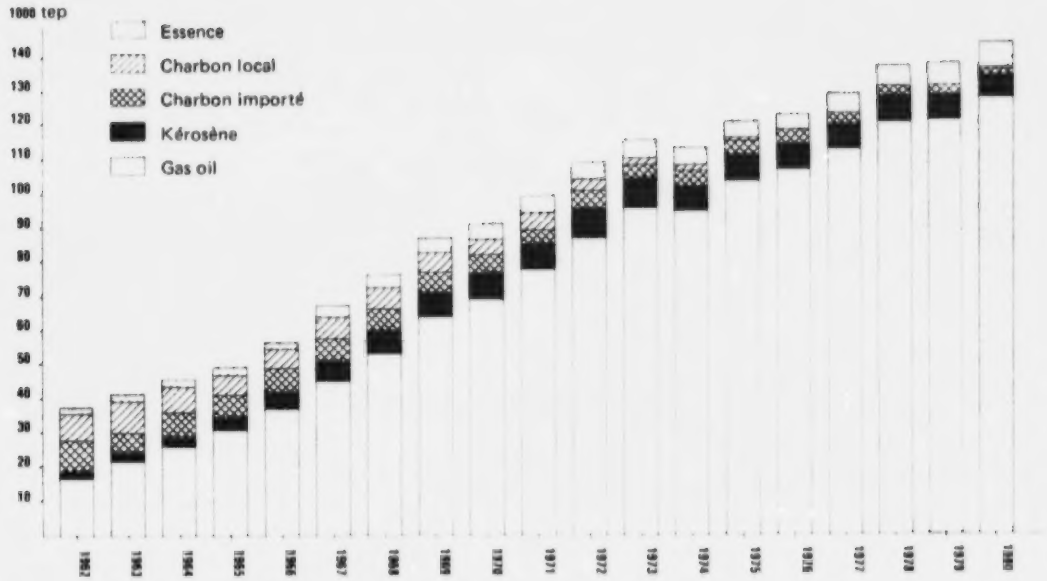


FIGURE 3 CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (TONNES EN ÉQUIVALENT PÉTROLE)

Le prix du pétrole au Groenland, comme partout ailleurs dans le monde, a naturellement fortement contribué au développement rapide de cette consommation. Comparativement à la tendance moyenne des prix, celui du pétrole s'est avéré plutôt décroissant. Mais après la crise de l'énergie, au milieu des années 1970, le prix du pétrole a tellement augmenté qu'en 1979, les coûts étaient équivalents à ceux de 1960, compte tenu de la hausse moyenne des prix et des salaires (figure 4).

PRINCIPAL OBJECTIF DU PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE

L'objectif primordial du programme énergétique du Groenland vise à ralentir la consommation d'énergie, sans pour autant réduire le bien-être des consommateurs.

Au cours de l'élaboration du programme énergétique, le modèle danois a été observé dans toute la mesure du possible compte tenu cependant des modifications essentielles exigées par les conditions de vie au Groenland.

Le programme énergétique a trois objectifs principaux:

1. une réduction de la consommation énergétique;
2. la production économique d'énergie pour le chauffage et l'électricité;
3. l'utilisation de ressources énergétiques autres que le pétrole.

En faisant porter les efforts sur les deux principaux objectifs, il sera possible d'arriver à une amélioration considérable dans des délais relativement courts. La conversion à de nouvelles sources d'énergie prendra beaucoup plus de temps.

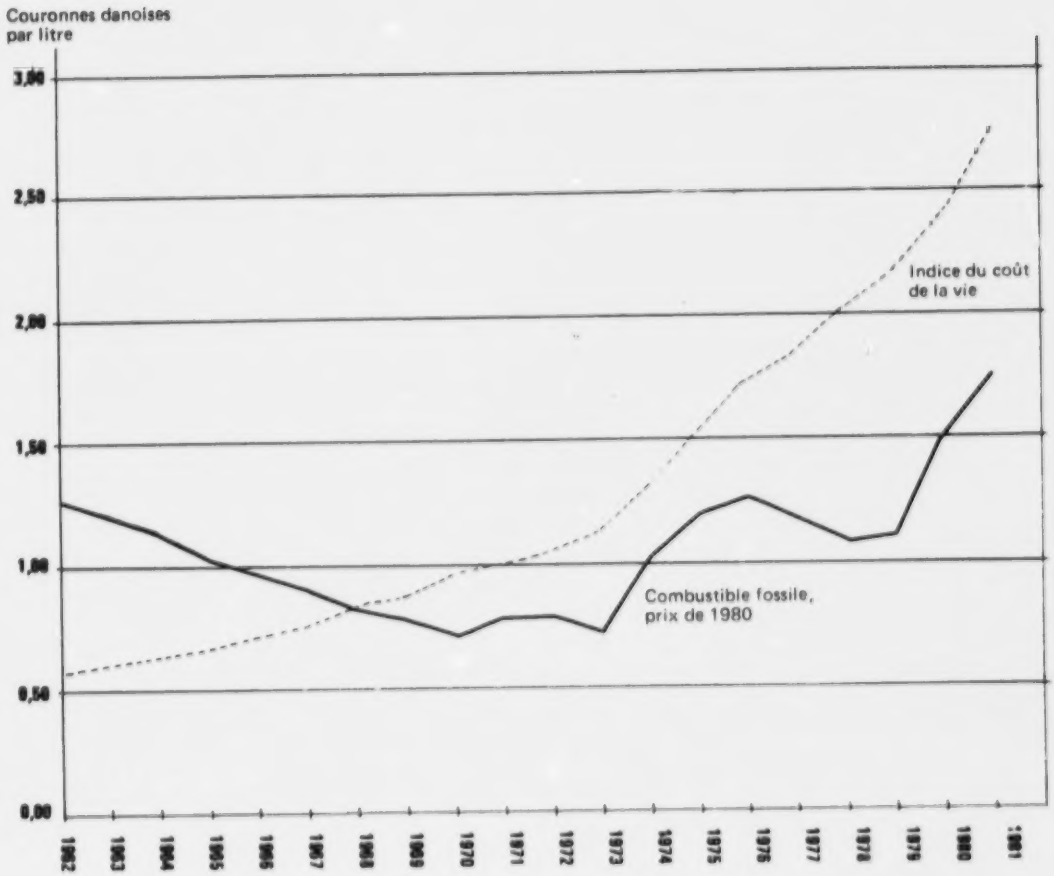


FIGURE 4 ÉVOLUTION DU PRIX DU PÉTROLE

Le programme énergétique doit être considéré comme un plan général qui donne les linéaments d'un projet. La planification réelle qui constitue l'étape suivante doit être faite avec l'étroite collaboration des autorités locales. À l'avenir, il devra être aussi naturel pour chaque ville de disposer d'un programme d'approvisionnement énergétique qu'il ne l'est à l'heure actuelle de suivre un plan pour l'aménagement des voies de circulation, des canalisations d'eau, des réseaux d'égouts, etc.

Le programme énergétique ne comprend aucune disposition spéciale pour les cas d'urgence. À l'heure actuelle, le Groenland possède une capacité de stockage de l'ordre de douze à quinze mois de consommation pour pallier aux premiers effets d'une situation critique. Le programme énergétique prévoit un développement relativement lent qui permettra l'abandon progressif de la dépendance à l'égard du pétrole.

ÉCONOMIES CHEZ LES CONSOMMATEURS

Pendant de nombreuses années encore, la majeure partie de l'énergie continuera d'être consommée par les résidents. Mais l'expérience montre qu'une économie considérable peut être réalisée par une meilleure isolation des habitations, le contrôle du chauffage et une politique de conservation des ressources énergétiques. En général, on peut réaliser des économies de l'ordre de 25 p. 100.

Le programme énergétique recommande que les autorités apportent un soutien financier à l'exécution de mesures d'économie d'énergie. Des subventions couvrant 70 à 80 p. 100 des coûts pourraient être accordées, ce qui représente une somme nettement supérieure à l'aide offerte au Danemark, par exemple. Cette proposition s'explique par le fait que la situation au Groenland exige des conditions extrêmement favorables si l'on veut appliquer des mesures d'économie énergétique au niveau des particuliers.

Toutefois, pour obtenir des fonds publics de cette importance, il est indispensable que les mesures soient appliquées de manière professionnelle. C'est pourquoi il est proposé dans le programme énergétique que des consultations soient établies pour assurer que dans chaque cas les mesures reposent sur une base techniquement et financièrement solide.

Au même titre, le programme énergétique recommande que les règlements relatifs à l'isolation des habitations soient révisés. À l'heure actuelle, on exige seulement 15 cm d'isolant dans les murs et 20 cm dans les planchers et les plafonds. L'épaisseur de l'isolant devrait être portée à 20 cm dans les murs et à 25 ou 30 cm dans les planchers et les plafonds. Cependant, ces nouvelles normes ne manqueront pas d'avoir des conséquences sur la construction. On prévoit une hausse des coûts, entre autres parce qu'il faudra changer les dimensions standard actuelles des matériaux. Il est donc essentiel de trouver des solutions efficaces avant d'imposer des exigences plus strictes aux nouvelles constructions.

Pour finir, le programme énergétique propose qu'une campagne en vue de réduire la consommation d'énergie soit entreprise dans tout le Groenland. Si la campagne de sensibilisation est orchestrée par l'administration locale, elle sera beaucoup plus fructueuse que si elle est l'oeuvre du gouvernement danois.

Les objectifs de cette campagne sont les suivants:

- changer l'attitude générale de la population à l'égard de la consommation d'énergie,
- transmettre des instructions pratiques concernant les différentes manières d'économiser l'énergie, et
- préparer la population à accepter les lignes directrices que le gouvernement devra formuler pour réduire la consommation d'énergie.

Jusqu'en 1973, la consommation d'électricité augmentait en moyenne de 12 p. 100 par année, c'est-à-dire de la même façon qu'au Danemark. En 1974, la crise de l'énergie a provoqué une chute légère et, depuis ce temps, la croissance annuelle se situe entre 6 et 7 p. 100.

Nous espérons, grâce à la campagne de sensibilisation, modifier les habitudes des consommateurs de sorte que l'augmentation de la demande passe graduellement de 6 à 2 p. 100 d'ici l'an 2000.

ÉCONOMIES DE PRODUCTION

Comme on l'a déjà mentionné, toutes les centrales énergétiques fonctionnent actuellement au diesel et, jusqu'au milieu des années 1970, il n'a jamais été question d'utiliser la chaleur résiduelle, étant donné les bas prix du pétrole. On sait que l'efficacité

des centrales au diesel n'est que de 35 ou 40 p. 100. Si des dispositifs pouvant récupérer la chaleur résiduelle dans les gaz d'échappement sont installés dans les centrales, l'efficacité sera de 60 à 70 p. 100. Cela signifie aussi que la centrale pourrait assurer le chauffage urbain. Mais pour réduire vraiment les coûts, il faudrait que les habitations soient raisonnablement concentrées à proximité des centrales. Ces deux conditions ont déjà été réalisées dans plusieurs villes du Groenland. Les stations de chauffage urbain ont été fermées, mais elles pourraient être remises en exploitation comme stations d'appoint.

Avec la récupération de la chaleur résiduelle des centrales énergétiques, une économie de 5 p. 100 a déjà été réalisée au niveau du chauffage, et une économie additionnelle de 5 à 10 p. 100 est prévue.

En outre, on espère faire des économies d'énergie supplémentaires en récupérant la chaleur des entreprises de produits de la mer, c'est-à-dire la chaleur des condenseurs dans les installations de réfrigération et celle des gaz d'échappement dans les installations de ventilation.

ÉCONOMIE TOTALE D'ÉNERGIE

Grâce aux mesures décrites, on espère réaliser d'ici l'an 2000 une économie de 25 p. 100 en énergie de chauffage et en électricité dans les villes du Groenland (figure 5).

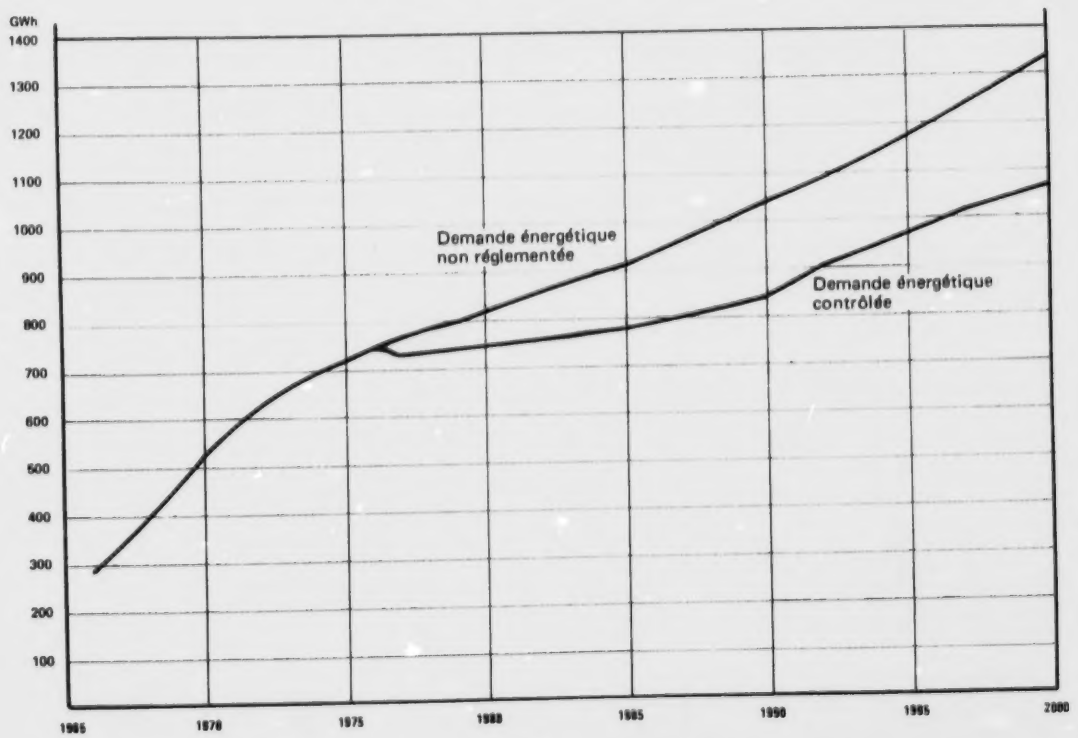


FIGURE 5 ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

NOUVELLES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE

En troisième lieu, le programme énergétique vise, par l'emploi d'autres sources d'énergie que le pétrole, à rendre le Groenland moins dépendant à l'égard de celui-ci, et à réduire au maximum les coûts d'approvisionnement en énergie.

Le Groenland ne peut se doter d'une source d'énergie centralisée, quelques grandes centrales hydroélectriques par exemple, à cause des vastes distances qui séparent les villes. Il faut donc élaborer pour chaque ville un programme énergétique distinct qui, d'abord et avant tout, devra évaluer la possibilité d'installer des centrales hydroélectriques au voisinage des villes. Comme il a été mentionné, le Groenland possède des réserves de charbon considérables qui pourraient être exploitées.

Après une étude préliminaire de la situation de chaque ville, on est arrivé à la conclusion qu'en l'an 2000, environ 50 p. 100 de l'énergie nécessaire à la production d'électricité et au chauffage pourront être fournis par les centrales hydroélectriques.

Dans bien des cas, il serait avantageux de raccorder la centrale énergétique existante à la centrale hydroélectrique, de manière à employer sur le champ le réseau de distribution électrique de la ville. La première centrale peut ainsi servir de centrale d'appoint. Comme il a été signalé, la majorité des centrales ont été équipées de dispositifs de récupération de la chaleur résiduelle alimentant les réseaux de chauffage urbain. Il est donc préférable d'utiliser l'électricité fournie par une centrale hydroélectrique pour produire de la chaleur, en installant des chaudières électriques dans les centrales énergétiques, et de continuer à exploiter les réseaux de chauffage urbains.

Si la quantité de courant fourni par la centrale hydroélectrique dépasse la consommation d'électricité et la consommation des chaudières électriques de la centrale énergétique, on pourrait installer de nouvelles chaudières électriques dans les stations de chauffage central existantes et garder les brûleurs à diesel en réserve. Dans le cas des nouveaux bâtiments, on peut envisager le chauffage direct par des radiateurs électriques, ce qui donne plus de latitude pour choisir l'emplacement des nouvelles constructions dans le secteur.

Dans les villes où l'exploitation de l'hydroélectricité est impossible, on peut envisager de construire des centrales à vapeur alimentées au charbon. Cependant, comme une saine économie repose sur des centrales qui produisent de la chaleur en même temps, il faudrait construire un réseau de chauffage urbain très ramifié. Le programme énergétique prévoit qu'on recourra au charbon importé, mais la possibilité d'utiliser le charbon du Groenland n'est pas exclue à long terme.

Ces transformations mèneront dans une large mesure à l'adoption d'une source polyvalente de chauffage. La conversion des centrales alimentées par une seule source d'énergie en centrales alimentées par plusieurs sources, pouvant produire de l'électricité aussi bien que de la chaleur, n'est pas une idée tout à fait nouvelle au Groenland. De vastes secteurs au centre des villes sont déjà alimentés en chaleur provenant des stations de chauffage urbain, c'est-à-dire qu'il existe déjà un réseau qui peut être relié à la centrale. Les stations de chauffage urbain pourront ainsi servir de sources d'appoint en cas d'urgence.

En plus de réduire la dépendance à l'égard du pétrole, cette conversion permettra aux consommateurs d'avoir un approvisionnement plus sûr. Les principales centrales énergétiques seront généralement construites de manière à ce qu'on puisse utiliser différentes sortes de combustibles.

INCIDENCE DU PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE SUR LA PLANIFICATION URBAINE

Nul doute que l'approvisionnement des villes du Groenland en énergie entraînera, en matière de planification urbaine et, par conséquent, de construction, un certain nombre de nouvelles exigences en plus de celles qui existaient jusqu'à maintenant, alors que l'accent était mis sur l'exploitation optimale des réseaux routiers, et des réseaux d'eau et d'égouts.

Comme on l'a déjà mentionné, l'énergie coûte moins cher si le chauffage urbain est assuré par une centrale hydroélectrique ou une centrale à charbon. Étant donné le coût élevé de l'installation des conduites de chauffage urbain, les nouveaux bâtiments devront être groupés et situés dans des secteurs pas trop éloignés de la source d'approvisionnement.

Il sera donc peut-être nécessaire de construire un grand nombre d'habitations à plusieurs étages et de petits immeubles d'appartements à proximité de la source d'approvisionnement, ce qui va à l'encontre des souhaits des Groenlandais, qui préfèrent les maisons unifamiliales et une vue dégagée.

L'installation des conduites de chauffage urbain doit être planifiée en même temps que celle des canalisations d'eau et d'égout et probablement aussi celle des câbles électriques à basse et haute tension. Souvent, il y aurait avantage à placer toutes ces conduites dans une même enveloppe de béton; le dessus pourrait dans certains cas être utilisé comme trottoir.

APPROVISIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE DES VILLAGES

Les transformations décrites ci-dessus ne concernent que les villes. Bien que, comparativement aux autres régions arctiques, les villes du Groenland soient assez peu nombreuses mais grandes avec une population de 1500 à 10 000 habitants, il n'en reste pas moins que 20 p. 100 des Groenlandais vivent dans de petits villages de 100 à 500 habitants.

On ne peut construire de centrales hydroélectriques dans ces villages, mais ils pourront quand même être approvisionnés en énergie hydroélectrique s'ils se trouvent à une distance raisonnable d'une ligne à haute tension.

L'exploitation de l'énergie éolienne est également à envisager à titre complémentaire, surtout pour combler les besoins en chauffage. Cependant, il ne faut pas oublier que les éoliennes modernes sont relativement complexes et ne pourront, par conséquent, être installées que dans les gros villages où on trouve les compétences techniques indispensables.

La seule autre possibilité consiste à remplacer graduellement le pétrole par le charbon pour le chauffage.

FINANCEMENT ET ORGANISATION DU PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE

Le total des investissements pour l'exécution du programme énergétique est évalué à 2,5 milliards de couronnes danoises, ce qui correspond à environ 400 millions de dollars canadiens. Les dépenses courantes qui, avec le pétrole, sont estimées à 600 milliards de couronnes danoises (100 milliards de dollars canadiens), devraient au terme du programme énergétique être réduites de 50 p. 100.

Jusqu'à maintenant, le gouvernement danois était responsable de l'approvisionnement énergétique du Groenland, ce qui signifie qu'il s'est chargé de l'aménagement des centrales énergétiques, des stations de chauffage urbain, des réseaux de distribution et des conduites de chauffage urbain, ainsi que de l'aménagement de parcs de stockage et de l'importation du pétrole.

Comme les ressources énergétiques futures sont, tant sur le plan financier que pour ce qui est de la fiabilité de l'approvisionnement, de la plus haute importance dans la vie quotidienne de la population, on propose de créer une société d'énergie dont les municipalités de l'île, l'administration locale et le gouvernement danois seraient copropriétaires. Ce serait là un moyen de partager la responsabilité du secteur énergétique.

Le gouvernement danois ne peut assumer seul les investissements considérables requis dans le secteur de l'énergie, en plus des sommes qu'il doit consacrer aux programmes de développement du Groenland. Par conséquent, la société d'énergie devra être prête à solliciter des contributions et des prêts. L'approvisionnement énergétique est un motif valable pour obtenir des subventions de la fondation régionale de la CEE et des prêts de la Banque européenne d'investissement. Le mode de financement devrait s'avérer raisonnable et avantageux pour les centrales, étant donné que les fonds de la CEE peuvent être obtenus à des conditions très favorables.

ACCUEIL POLITIQUE DU PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE

Le 23 février 1982, les électeurs du Groenland ont indiqué par une faible majorité qu'ils souhaitaient se retirer de la CEE. À la suite de ce vote, les autorités locales ont décidé d'entamer des pourparlers avec la CEE à propos de ce retrait. Une fois le désistement accepté, il est peu probable qu'une société d'énergie puisse obtenir des subventions et des prêts de la CEE. La société d'énergie devra vraisemblablement faire des emprunts sur le marché international au taux d'intérêt ordinaire, ce qui aura pour effet de réduire substantiellement les avantages du programme énergétique.

Les hommes politiques groenlandais n'ignorent pas non plus que les pourparlers sur le désengagement de leur pays à l'endroit de la CEE vont retarder la réalisation du programme énergétique.

Ils estiment en outre que ce programme attache trop d'importance à l'exploitation de l'énergie hydroélectrique. Leur hésitation est due aux problèmes d'emploi à long terme. En effet, des emplois ne sont assurés que pour la période de construction des centrales hydroélectriques, car ces centrales seront automatisées. Les hommes politiques groenlandais préféreraient une solution qui serait davantage axée sur l'exploitation du charbon de l'île. Ils songent à exploiter une petite mine qui, à longue échéance, pourrait aussi assurer du travail. Mais comme le charbon provenant de cette mine reviendrait beaucoup plus cher que le charbon importé, cette politique d'emploi réduirait également les avantages du programme énergétique.

Les considérations politiques n'ont commencé à poindre qu'au printemps de 1982, c'est pourquoi il faudra probablement attendre encore à peu près deux ans avant que des décisions relatives à la réalisation du programme énergétique ne soient prises.

CHAUFFAGE DES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES AMÉNAGÉES DANS DES ENCEINTES À L'AIDE DE POMPES À CHALEUR

C. James Martel et Gary Phetteplace
US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory
Hanover, New Hampshire, USA

INTRODUCTION

Les stations d'épuration des eaux usées situées dans des régions froides sont souvent aménagées dans des enceintes fermées, pour faciliter leur exploitation et leur entretien en hiver. Étant donné le coût de l'énergie, il peut être onéreux de chauffer ces grandes enceintes avec une chaudière conventionnelle au mazout ou au gaz. Une méthode moins coûteuse consiste à utiliser une pompe à chaleur. Cet appareil sert à récupérer la chaleur de l'effluent de l'usine d'épuration pour le chauffage. Habituellement, il y a suffisamment d'énergie calorifique dans l'effluent pour satisfaire à la totalité des besoins en chauffage de l'installation, y compris les bureaux et les laboratoires. Une pompe à chaleur est particulièrement intéressante dans les régions froides, où les eaux usées restent chaudes dans les canalisations isolées et les utilidors chauffés. De plus, dans les régions froides, l'eau du réseau de distribution est souvent chauffée pour éviter qu'elle ne gèle. Un avantage supplémentaire de l'installation d'une pompe à chaleur est la diminution des rejets thermiques dans le cours d'eau récepteur.

On présente ici une méthode simple pour évaluer la faisabilité technique et économique de l'installation d'une pompe à chaleur dans des stations d'épuration des eaux usées nouvelles ou existantes. Les futurs utilisateurs de cette méthode seront des ingénieurs de l'environnement qui, en général, ne connaissent pas cette technologie. Les données recueillies au cours de visites des sites, dans les rapports et documents techniques, et dans les manuels de climatisation (HVAC), ont servi à la mettre au point. Il serait bon de noter que cette méthode est destinée aux études de faisabilité, uniquement au niveau de la planification des installations. Les caractéristiques réelles du système doivent être déterminées par un personnel qualifié en climatisation (HVAC).

INSTALLATIONS EXISTANTES DE POMPE À CHALEUR

L'une des premières stations d'épuration des eaux usées à inclure une pompe à chaleur au niveau de la conception est celle de Fairbanks (Alaska). Cette station, qui a été terminée à l'été 1976, a un débit nominal moyen de 8,0 mgd* et une température moyenne des eaux usées de 45 °F*. Les processus d'épuration nécessitent un dessableur aéré, plusieurs installations de traitement des boues activées à l'oxygène pur et un bassin de chloration. Environ 12,5 p. 100 de l'effluent chloré passent par deux serpentins de transfert de chaleur et une pompe à chaleur. Les serpentins de transfert de chaleur fournissent la charge thermique de base de l'installation, tandis que la pompe à chaleur est utilisée comme pompe relais lorsqu'une plus grande quantité de chaleur est nécessaire. Les

---

* Pour convertir en unités métriques: mgd x 3785 = m^3/d
°F x 0,555 (°F - 32) = °C

serpentins de transfert de chaleur et la pompe à chaleur sont conçus pour chauffer et ventiler une enceinte de 38 880 pi^2* à 40 °F, lorsque la température de l'air à l'extérieur atteint un minimum de -60 °F (Crews, 1977). On évalue la charge thermique totale, incluant l'aération, à 3728 x 10^6 Btu/année*. Le taux maximal de pertes de chaleur dans l'enceinte a été évalué à 743 400 Btu/heure*, et les besoins en aération à 10 000 cfm*. Un système de chauffage auxiliaire, comprenant des serpentins à résistance électrique, est prévu pour tout chauffage supplémentaire.

À la station d'épuration des eaux usées de Wilton (Maine) (figure 1), une pompe à chaleur s'est révélée très efficace dans des conditions météorologiques plutôt rigoureuses. Cette station de 0,45 mgd a été construite en utilisant les technologies les plus récentes en matière d'économie d'énergie, à savoir une pompe à chaleur, des systèmes de chauffage solaire actif et passif, la récupération des gaz de digestion et la récupération de la chaleur air-air (Wilke et Fuller, 1976). Une étude menée par Wright-Pierce, Architects and Engineers (1980), a montré que la pompe à chaleur fournissait 60 p. 100 du total des besoins en chauffage des installations. La station a été conçue pour une production totale de chaleur de 320 000 Btu/h, à un débit de l'effluent via la pompe à chaleur de 60 gpm*. Le coût initial de cette station était de $11 400 (1978).

Après avoir réglé certains problèmes de départ posés par l'ensemble du circuit de contrôle, une pompe à chaleur a fonctionné de façon satisfaisante pendant sa première année d'exploitation à l'usine Delafield-Hartland près de Madison (Wisconsin) (Hyde, 1980). Cette nouvelle usine a un débit nominal de 2,2 mgd, et les processus d'épuration comprennent la décantation primaire, les contacteurs rotatifs biologiques et la filtration rapide au sable. La charge thermique totale de cette installation a été évaluée à 1,0 x 10^6 Btu/h (Budde et coll., 1979). La pompe à chaleur était conçue pour fournir de l'eau à 120 °F au système de chauffage de l'eau chaude, au lieu de la température classique de 180 °F. Étant donné cette température plus basse, la taille des éléments de chauffage du bâtiment a dû être augmentée de 20 p. 100 environ. L'eau chaude produite par la pompe à chaleur est emmagasinée dans un grand réservoir, qui peut aussi être chauffé par des thermoplongeurs auxiliaires. Une photo de cette pompe à chaleur avec réservoir de stockage à l'arrière-plan est présentée à la figure 2.

La pompe à chaleur dans chacune de ces stations est alimentée par les eaux usées d'un effluent de qualité variable. Les eaux usées à plus forte concentration ne sont pas utilisées en raison des risques d'accumulation de matières solides et des problèmes d'encrassement des surfaces internes de l'échangeur de chaleur. Même avec un effluent une grille fine doit être installée dans la conduite d'alimentation vers la pompe à chaleur. Ce dispositif doit être assez important pour réduire au minimum la fréquence des nettoyages (Wright-Pierce, 1980). Si la station d'épuration est équipée d'un système de filtration il n'est pas nécessaire d'ajouter une grille.

Le meilleur endroit pour la prise d'eau vers la pompe à chaleur est situé en amont du déversoir, dans le bassin de chloration. Buddle et coll. (1979) considèrent cet endroit comme le meilleur parce que le chlore peut ainsi contribuer à assurer la propreté des tubes de l'évaporateur. Toutefois, les concentrations de chlore résiduel doivent être soigneusement contrôlées, afin de prévenir toute corrosion. La conduite de retour doit être située en aval du bassin de chloration, juste avant le débitmètre de l'effluent, afin d'éviter tout effet préjudiciable de l'eau de retour à basse température sur le processus de désinfection.

---

* Pour convertir en unités métriques: pi^2 x 0,0929 = m^2
Btu x 1,055 = kJ
cfm x 4,719 x 10^{-4} = m^3/s
gpm x 0,06308 = l/s

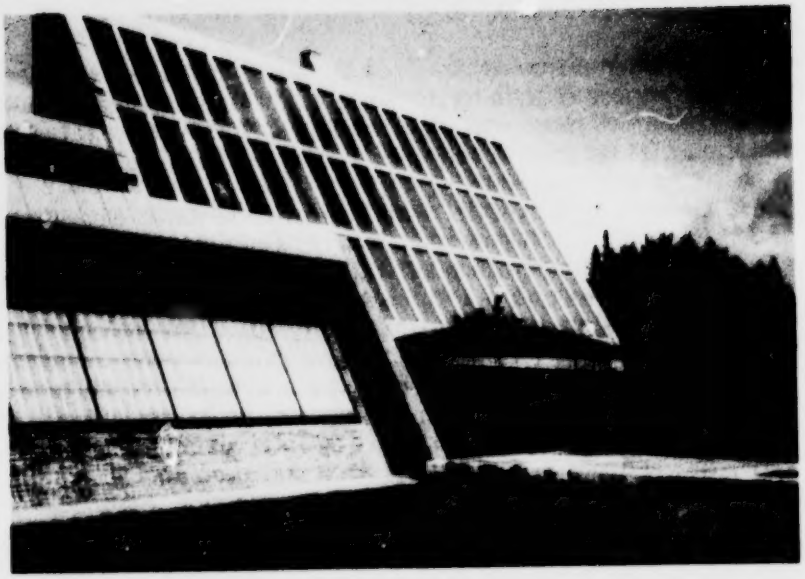


FIGURE 1 VUE D'UNE STATION D'ÉPURATION DES EAUX USÉES À WILTON (MAINE)

FIGURE 2 POMPE À CHAUFFAGE DE L'USINE DELAFIELD - HARTLAND PRÈS DE MADISON (WISCONSIN)

THÉORIE THERMODYNAMIQUE

Une pompe à chaleur est un appareil par cycle qui transfère la chaleur d'une source froide (effluent) à une source chaude (système de chauffage par l'eau chaude). L'exemple le plus commun est celui des machines frigorifiques. La machine extrait les calories d'une source froide intérieure et les rejette dans une source de chaleur extérieure; elle retourne à l'extérieur la chaleur qui en provient.

La figure 3 permet de suivre le cycle thermodynamique d'une pompe à chaleur. Après que le fluide frigorigène soit passé par le détendeur thermostatique (stade 1), il est en grande partie liquide, sa température et sa pression sont basses. Le fluide frigorigène pénètre alors dans l'évaporateur, où il absorbe suffisamment de chaleur de l'effluent pour passer du stade liquide au stade gazeux, à une température et une pression presque constantes (stade 2). Ensuite, le fluide frigorigène pénètre dans le compresseur où la pression est augmentée, ce qui élève la température du fluide frigorigène (stade 3). Finalement, le fluide gazeux passe dans le condenseur, où la chaleur est libérée vers le système de chauffage par l'eau chaude. Il s'agit de la chaleur latente de vaporisation du fluide frigorigène, lorsqu'il passe de l'état gazeux à l'état liquide (stade 4). Le fluide frigorigène pénètre alors dans le détendeur et sa pression diminue. À la sortie du détendeur, le cycle du fluide frigorigène recommence.

L'avantage de ce cycle est que la majeure partie de l'énergie thermique est concentrée dans l'évaporateur. Cette énergie ne représente pas un coût économique, bien que le compresseur fonctionne à l'électricité. Le rapport entre l'énergie fournie au système de chauffage des bâtiments et l'énergie que nécessite le compresseur sert à mesurer le rendement de la pompe à chaleur. Ce rapport, appelé coefficient de performance (COP), est un facteur important pour déterminer la rentabilité de l'installation d'une pompe à chaleur.

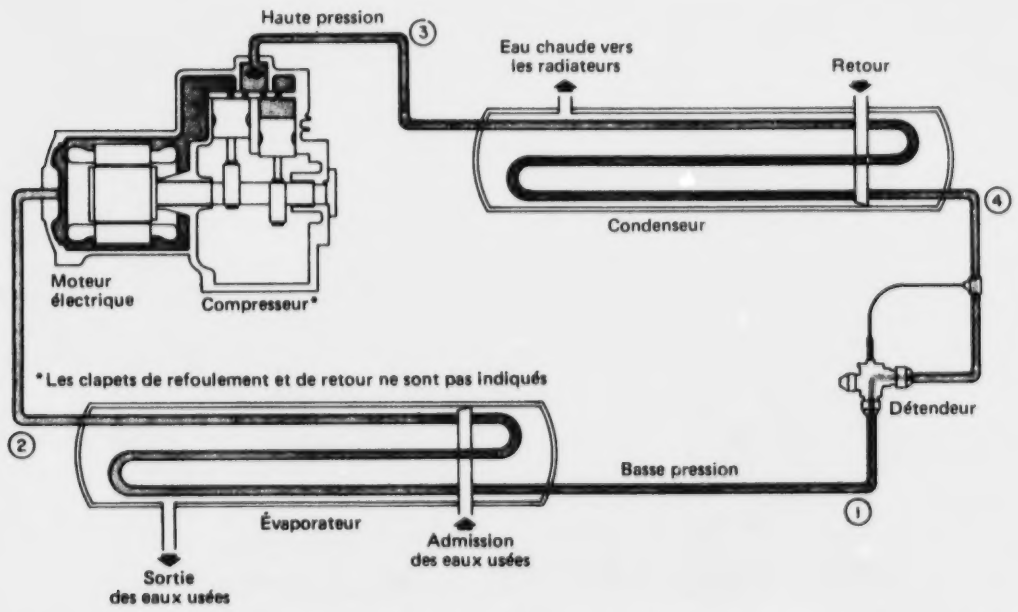


FIGURE 3 PRINCIPALES ÉTAPES DU CYCLE D'UNE POMPE À CHALEUR PAR RÉSEAU D'EAU (Phetteplace, 1979)

COEFFICIENT DE PERFORMANCE (COP)

Le COP dépend principalement de la différence de température entre la source de chaleur (effluent des eaux usées) et le système de distribution de la chaleur qui, dans la plupart des cas, sera un système de chauffage par l'eau chaude. Plus la différence de température est élevée, plus le coefficient de performance est faible. Pour cette raison, il est souhaitable d'utiliser une source de chaleur à température maximale et un système de chauffage à température minimale. Le rapport entre la température de l'effluent, la température du système de chauffage et le coefficient de performance est illustré à la figure 4. On suppose une baisse de température de 5 °F dans l'évaporateur, une température d'arrivée de 15 °F (différence de température entre l'effluent, ou l'eau chaude, et le fluide frigorigène lorsqu'ils arrivent près des échangeurs de chaleur), et un rendement combiné moteur/compresseur de 65 p. 100. Bien que ces températures puissent varier pour chaque installation de pompe à chaleur, elles doivent être assez précises pour permettre des estimations.

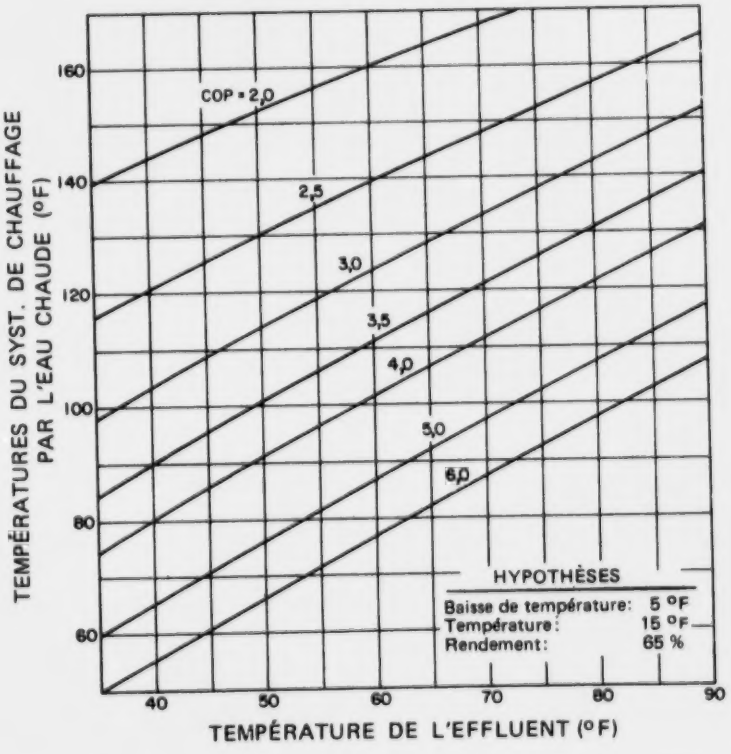


FIGURE 4 VALEURS APPROXIMATIVES DU COP POUR DES TEMPÉRATURES DONNÉES DE L'EFFLUENT ET DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE*

* °F x 0,555 (°F - 32) = °C

Pour maintenir le COP élevé, il est préférable de prévoir un plus grand débit par l'évaporateur et de faire baisser la température de l'effluent de quelques degrés, plutôt que de combiner un faible débit et une baisse considérable de température. Un autre moyen d'améliorer le COP est de concevoir le système de chauffage par l'eau chaude pour des températures variant de 120 à 140 °F au lieu des 180 °F standard. Comme on l'a souligné plus haut, le COP augmente lorsque la différence de température entre l'effluent et le système de chauffage par l'eau chaude diminue. Le coût des plus gros radiateurs nécessaires pour un système de chauffage de 120 à 140 °F est faible comparativement à la baisse du coût d'exploitation qu'entraîne un COP plus élevé (Niess, 1981). Une pompe à chaleur peut aussi être installée dans une station existante qui serait munie d'un système de chauffage standard. Cependant, un système de chauffage auxiliaire pourra être nécessaire à l'occasion. Ce chauffage auxiliaire pourrait être fourni par l'ancienne chaudière.

TAILLE DE LA POMPE À CHALEUR ET ESTIMATION DES COÛTS

Charge thermique du bâtiment. L'étape la plus importante dans la détermination de la taille de la pompe à chaleur consiste à évaluer la charge thermique du bâtiment, résultant des pertes de chaleur par conduction par les murs, fenêtres, plafonds et planchers, ainsi que par infiltration d'air et par aération. Ces pertes varient d'un bâtiment à l'autre, selon le type et la qualité de la construction, les normes concernant la ventilation et les conditions climatiques. La charge thermique dépend aussi de la température intérieure optimale du bâtiment. Dans les installations des régions froides, les zones réservées à l'administration et aux laboratoires sont habituellement à 68 °F, tandis que la zone réservée au traitement dans des enceintes fermées doit être maintenue à des températures variant de 40 à 45 °F.

Les pertes thermiques par conduction par 1000 pi^2 de superficie peuvent être calculées de la façon suivante:

$$E_C = 24\ H\ D \qquad (1)$$

où: E_C = pertes annuelles par conduction dans le bâtiment (Btu/1000 pi^2 de superficie*)
H = pertes thermiques par heure (Btu/1000 pi^2 . h . °F**)
D = degrés-jours (°F . nombre de jours/année)

La valeur des pertes thermiques par heure (H) peut être estimée d'après les critères de construction du bâtiment figurant au tableau 1. Les données sur les degrés-jours (D) peuvent être obtenues en communiquant avec les stations météorologiques ou les distributeurs locaux de mazout domestique, par exemple. Le concepteur doit utiliser la température de base la plus proche de la température interne désirée du bâtiment.

Pour connaître la charge thermique totale, il sera également nécessaire de calculer la quantité de chaleur perdue par infiltration et aération. L'infiltration se rapporte aux fuites d'air incontrôlées par des fissures dans les murs et les plafonds, autour des portes et des fenêtres, y compris l'ouverture et la fermeture des portes. Inversement, l'aération signifie le contrôle de l'air qui entre dans un bâtiment et en sort par certaines ouvertures.

---

* Btu/1000 pi^2 x 1,136 = kJ/100 m^2
** Btu/pi^2 . h . °F x 5,678 = (W/(m^2 . °C)

TABLEAU 1 PERTES THERMIQUES HORAIRES CARACTÉRISTIQUES POUR TROIS TYPES DE BÂTIMENT (Wesner et coll., 1978)

Type	Construction	Pertes thermiques par heure (H) Btu/1000 pi^2 . h . ^oF
A	non isolé	820
B	isolation des murs de 3,5 pouces, isolation du plafond de 6,0 pouces, contre-fenêtres	450
C	même isolation que pour le type B, doubles fenêtres vitrées, isolation du plancher	325

En général, il vaut mieux, du point de vue du rendement énergétique, installer un système de ventilation, qui peut être contrôlé, que de favoriser l'échange d'air par infiltration, sans pouvoir régulariser ce processus.

L'énergie nécessaire pour chauffer l'air d'infiltration et d'aération, par 1000 pi^2 de superficie, peut être calculée de la façon suivante:

$$E_v = 466\ haD \qquad (2)$$

où: E_v = pertes thermiques par aération (Btu/1000 pi^2 de superficie)
h = hauteur de plafond (pi)
a = nombre de changements d'air par heure
D = degrés-jours (^oF . nombre de jours/année)

La constante 466 englobe la chaleur massique de l'air (0,24 Btu/lb . ^oF)*, la densité de l'air (0,0809 lb/pi^3)*, la superficie unitaire du bâtiment (1000 pi^2)* et le nombre d'heures par jour. La valeur de "a" pour les superficies réservées à l'administration et aux stations d'épuration fermées varie entre 4 et 6 changements d'air par heure (Wesner et coll., 1978).

Les pertes thermiques annuelles combinées par millier de pi^2 sont égales à la somme de $E_C + E_V$. Une fois multipliée par la superficie chauffée de la station (exprimée en milliers de pi^2), cette somme donnera le total de la charge thermique de la station en Btu/année. Il s'agit là d'une estimation prudente, étant donné que l'on a pas tenu compte de la chaleur produite par des sources internes, comme les ampoules électriques et l'équipement, ou l'apport de chaleur solaire pendant le jour.

* 1,005 J/(kg . ^oC)
0,001293 g/cm^3
pi^2 x 0,0929 = m^2
Btu/h x 0,2931 = W ou J/s

Capacité de la pompe à chaleur. Une fois la charge thermique du bâtiment calculée, la capacité requise de la pompe à chaleur (Q en Btu/h*), peut être déterminée en divisant la charge thermique annuelle totale par le nombre d'heures par année de fonctionnement à pleine charge. Les heures de fonctionnement à pleine charge par année (N), ou les heures d'utilisation de la pompe si la charge thermique totale pour l'année était employée à pleine capacité, peuvent être calculées à partir des données climatiques de la façon suivante:

$$N = \frac{24\ D}{B - T} \qquad (3)$$

où: B = base des degrés-jour (D) utilisée dans le calcul de la charge thermique (°F)
T = température nominale d'hiver (°F)

La température nominale d'hiver (T) est fondée sur une distribution de probabilité des températures horaires moyennes pendant les mois de décembre, janvier et février. On peut trouver cette valeur dans le ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual (1979) pour un grand nombre de villes américaines, canadiennes et étrangères.

Estimation du coefficient de performance (COP). Le COP peut être calculé à partir de la figure 4, une fois que la température moyenne de l'effluent en hiver est déterminée. Pour les stations existantes, il n'y a aucun problème puisque les températures de l'effluent peuvent être mesurées directement. Pour les nouvelles stations, la température doit être estimée à partir des données obtenues dans d'autres installations du nord. Les données de huit installations de ce type figurent au tableau 2, pour les mois d'octobre à mars. La température moyenne de l'effluent pour ces installations, pendant cette période, était environ de 50 °F. Bien que ces températures soient celles d'eaux usées brutes, elles ne

TABLEAU 2 TEMPÉRATURE MENSUELLE MOYENNE (°F) DES EAUX USÉES BRUTES (Alter, 1969).

Lieu géographique	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Aurora (Illinois)	49	49	50	48	47	46
Canton (Ohio)	56	50	47	42	40	42
Flint (Michigan)	63	58	53	50	48	45
Schenectady (N.Y.)	64	60	56	48	43	36
Traverse City (Michigan)	60	55	52	48	46	49
Fairbanks (Alaska)	53	52	52	52	51	51
Juneau (Alaska)	46	46	44	38	36	37
Wilton (Maine**)	62	57	50	46	44	43
Moyenne	57	53	51	47	44	43

* Btu/h x 0,2931 = W ou J/s

** Température de l'effluent secondaire (Wright-Pierce, 1980)

devraient pas être très différentes des températures de l'effluent, si l'installation se trouve dans une enceinte fermée. En évaluant la baisse de température dans un système fermé à oxygène pur, Boyle (1976) a conclu que la quantité de chaleur perdue était négligeable et que la baisse de température dans le système ne devrait pas dépasser 1 °F.

Les données figurant au tableau 2 indiquent aussi que les températures de l'effluent baisseront graduellement au cours de la saison de chauffage en hiver. Habituellement, c'est en octobre que les températures de l'effluent sont maximales et en mars qu'elles sont minimales. Ainsi, il y a un décalage important dans l'incidence de l'air ambiant froid sur la température de l'effluent des eaux usées. Ce décalage est causé par l'effet d'isolation du matériau qui recouvre le collecteur. Le fait que les températures de l'effluent sont plus élevées pendant les mois les plus froids, décembre et janvier, présente un avantage important. Au moment où la température de l'effluent atteint son point minimal en mars, la demande en chaleur a considérablement baissé.

Il faut s'attendre à ce que le COP varie pendant la saison de chauffage, par suite des variations de températures de l'effluent. À la station de Wilton (Maine), le COP mensuel moyen variait entre un minimum de 2,58 en février et un maximum de 3,29 en octobre (Wright-Pierce, 1980). La température hivernale moyenne des eaux usées était de 50 °F et le COP de 2,90.

Débit de l'effluent vers la pompe à chaleur. Le débit de l'effluent nécessaire pour alimenter l'évaporateur dépendra de la capacité de la pompe à chaleur, du COP et de la baisse de température dans l'évaporateur. La capacité de la pompe à chaleur et le COP peuvent être déterminés comme cela a été indiqué précédemment. Selon Niess (1981), la baisse de température dans l'évaporateur ne devrait pas dépasser 3 à 5 °F. Buddle et coll. (1979), signalent des débits variant de 12 à 17 p. 100 du débit moyen des eaux usées. Ce pourcentage sera plus élevé pour les installations où toute la zone d'épuration des eaux usées sera fermée et chauffée. De plus, le pourcentage d'effluent utilisé par la pompe à chaleur sera plus élevé pendant les premières années, le débit initial étant inférieur à la valeur nominale de la période de planification de 20 années.

Une fois que la température a baissé dans l'évaporateur, qu'on a déterminé la capacité requise de la pompe à chaleur et la valeur du COP, le débit volumétrique peut être calculé de la façon suivante:

$$V = \frac{2000\ Q\left(1 - \frac{\eta_m}{100\ COP}\right)}{\Delta T} \qquad (4)$$

où: V = débit volumétrique, gpm*
Q = capacité de la pompe à chaleur, millions de Btu/h*
η_m = rendement du moteur du compresseur (pourcentage)
ΔT = baisse de température dans l'évaporateur (°F)

Comme le rendement du moteur est habituellement d'environ 90 p. 100, l'équation 4 peut être ramenée à:

$$V = \frac{2000\ Q\left(1 - \frac{0,9}{COP}\right)}{\Delta T} \qquad (5)$$

* gpm x 0,06308 = l/s
Btu/h x 0,2931 = J/s = W

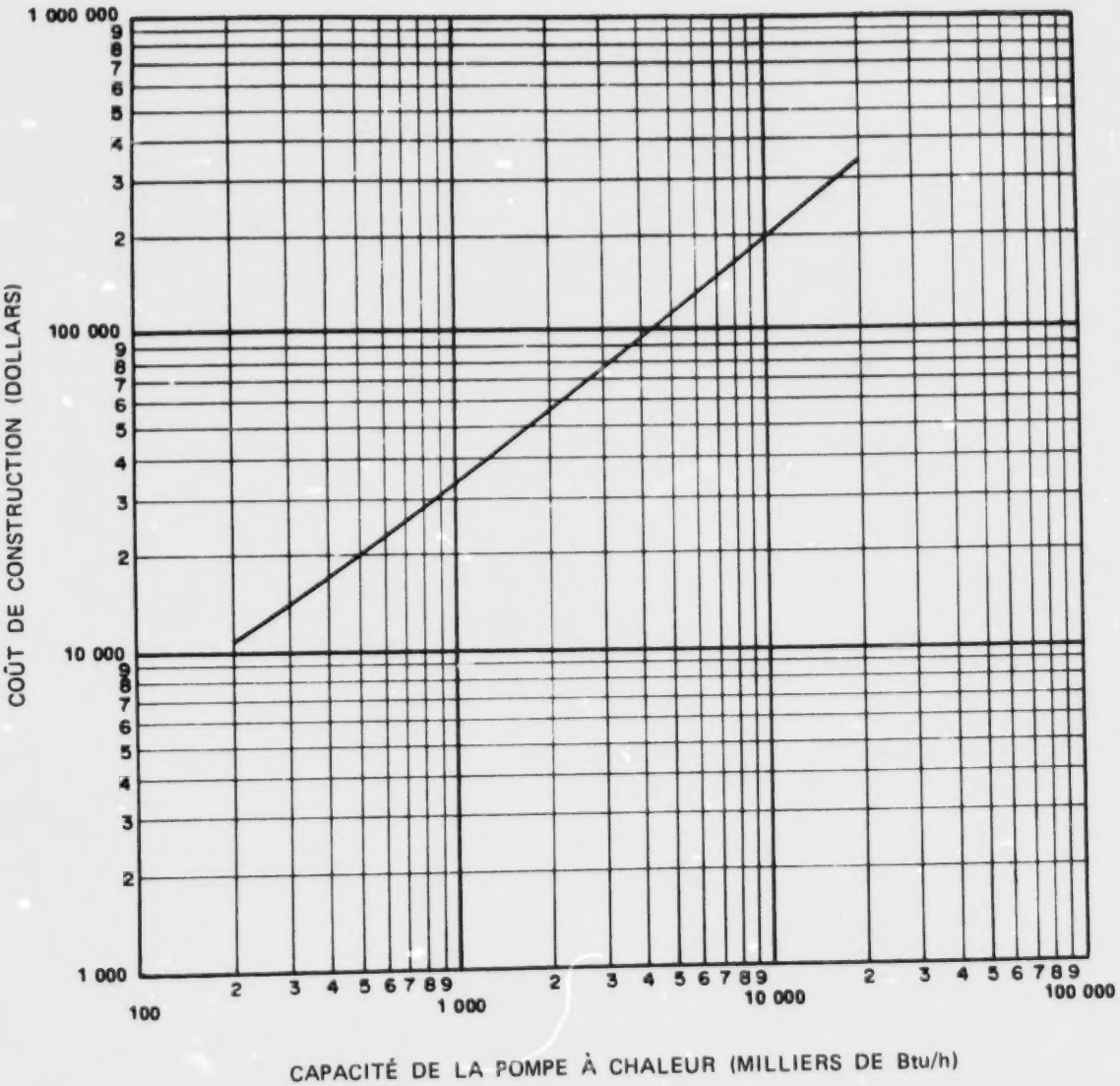


FIGURE 5 COÛT DE CONSTRUCTION DE LA POMPE À CHALEUR
(Wesner et coll., 1978)

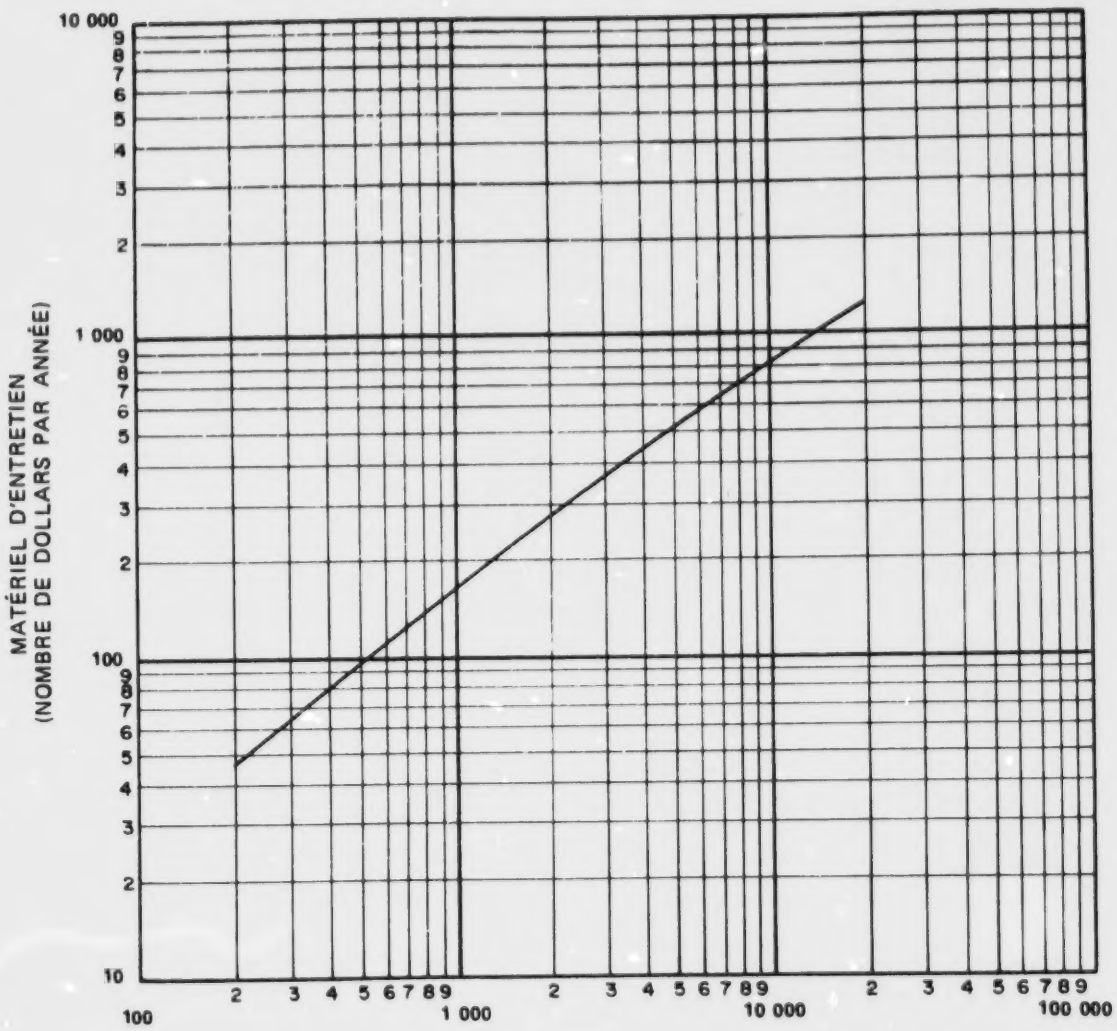


FIGURE 6 BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE POUR L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DE LA POMPE À CHALEUR (Wesner et coll., 1978)

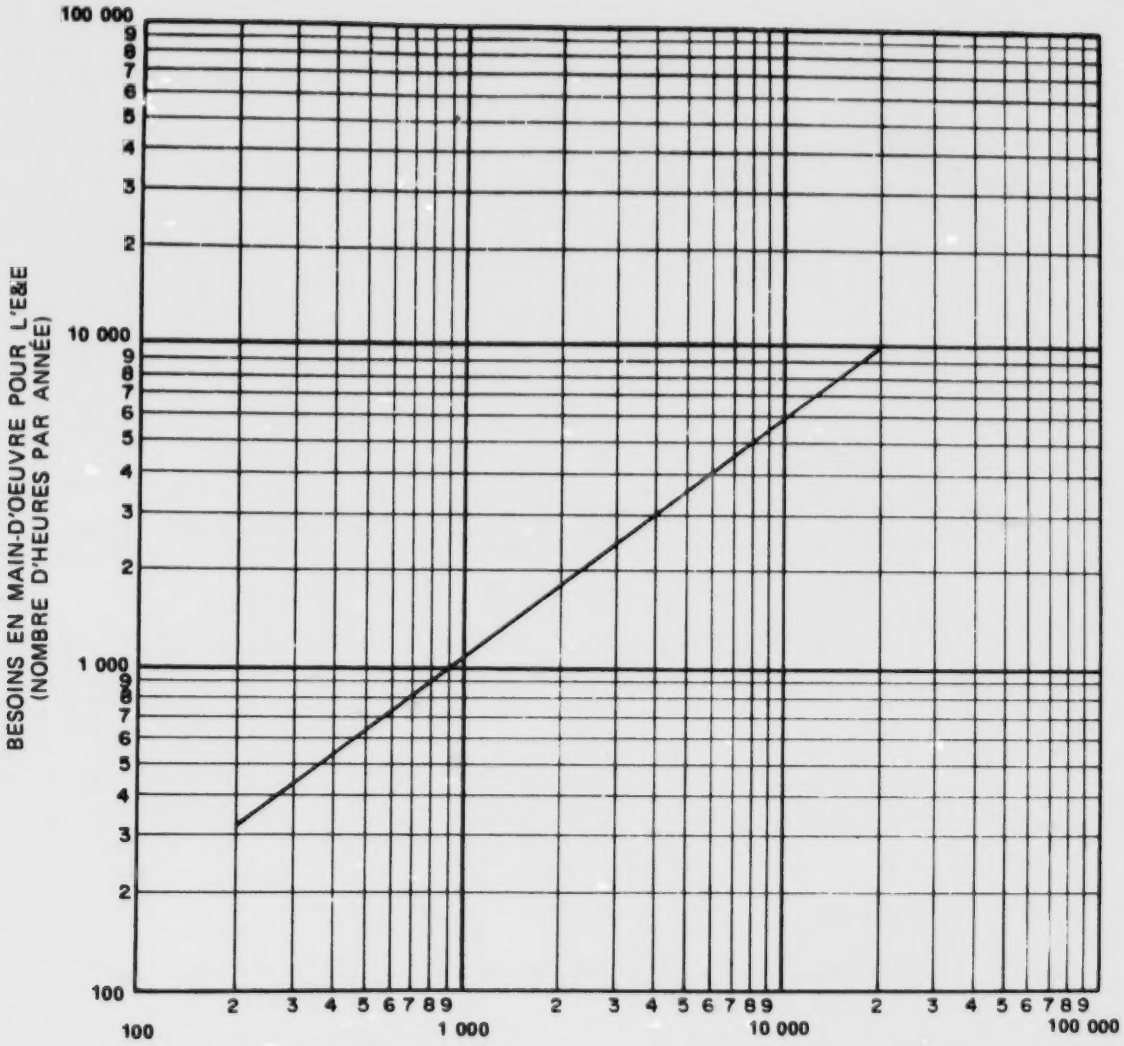


FIGURE 7 COÛT DU MATÉRIEL D'ENTRETIEN DE LA POMPE À CHALEUR (Wesner et coll., 1978)

Coût estimatif et économie d'énergie. Les figures 5, 6 et 7 permettent d'évaluer les coûts de construction, de main-d'oeuvre pour l'exploitation et l'entretien, et du matériel d'entretien, comme une fonction de la capacité de la pompe à chaleur. Ces coûts sont fondés sur l'Indice des coûts de construction de 2499 (janv. 1977) de l'Engineering News Record (ENR).

Les économies d'énergie dépendront du coût du chauffage effectué au moyen d'un combustible de substitution. Les valeurs de chauffage de certains combustibles de substitution sont présentées au tableau 3. Les coûts de ces combustibles varient selon la région, et peuvent être déterminés en contactant les fournisseurs locaux de combustible. Le rendement de la chaudière aura aussi une incidence sur le coût des systèmes de chauffage auxiliaire. Le rendement des chaudières au mazout et au charbon est habituellement d'environ 70 p. 100, tandis qu'une chaudière à gaz a un rendement d'environ 80 p. 100. Le chauffage à résistance électrique a normalement un rendement de 100 p. 100. Le rendement des pompes à chaleur est inclus dans les hypothèses de calcul du COP.

TABLEAU 3 VALEUR MOYENNE DU CHAUFFAGE SELON LA SOURCE

Source de chauffage	Valeur de chauffage (10^6 Btu)
Mazout n° 2, 1 gallon US*	0,1385
Mazout n° 4, 1 gallon US	0,145
Gaz naturel, 1000 pi^3*	1,092
Gaz propane, 1000 pi^3	2,560
Charbon demi-gras bitumineux, tonne courte*	24,580
Électricité, 1000 kWh	3,413

* gallon US x 3,785 = l
pi^3 x 0,02832 = m^3
tonne courte x 907,2 = kg

EXEMPLE

Voici un exemple concernant la façon d'utiliser les données précédentes pour déterminer la taille d'une pompe à chaleur et évaluer les économies d'énergie. Comme on l'a déjà souligné, cette méthode ne s'applique qu'au stade de planification de la faisabilité. Néanmoins, elle devrait permettre une estimation relativement précise des économies d'énergie résultant de l'installation d'une pompe à chaleur. Un personnel compétent en climatisation pourra fournir plus de détails en ce qui concerne les caractéristiques de la conception et les données sur les coûts.

Supposons que dans le cadre d'un projet de construction d'une station d'épuration, l'ingénieur de projet veuille évaluer la rentabilité de l'installation d'une pompe à chaleur pour satisfaire aux besoins de chauffage d'une usine de 5-mgd, située près de Minneapolis (Minnesota). La superficie totale de la station sera de 27 000 pi^2; 25 000 pi^2 sont réservés au traitement dans une enceinte fermée et 2000 à l'administration et au laboratoire.

Étape n° 1. Déterminer la charge thermique. L'équation 1 permet de déterminer les pertes de chaleur du bâtiment. La construction de type B est prévue pour une aire de traitement fermée ayant une valeur de déperdition de chaleur horaire (H) de 450 Btu/1000 pi^2 . h . °F. Cette enceinte ne sera chauffée qu'à 40 °F, ce qui devrait suffire pour éviter le gel et faciliter l'entretien. Pour une température de base de 45 °F, le degré-jour moyen pour la superficie de Minneapolis est de 3309 °F-jour (Strock et Koral, 1965). La construction de type C est proposée pour l'aire réservée aux bureaux, laquelle a une valeur H de 325 Btu/1000 pi^2 . h . °F. Cette superficie sera maintenue à une température de 68 °F. On utilisera donc la température de base de 65 °F pour cette superficie, ce qui donnera une moyenne de 8382 °F-jour (ASHRAE, 1979). À partir de l'équation 1, les pertes de chaleur du bâtiment pour les aires de traitement et de bureaux sont les suivantes:

Déperdition de chaleur par conduction dans l'enceinte de traitement = $24 \times 450 \times 3309 = 35{,}7 \times 10^6$ Btu/1000 pi^2 année

Déperdition de chaleur par conduction dans les bureaux = $24 \times 325 \times 8382 = 65{,}4 \times 10^6$ Btu/1000 pi^2 année

Les besoins en chauffage dus à l'aération peuvent être calculés à partir de l'équation 2. Les hauteurs de plafonds de l'aire de traitement et des bureaux seront respectivement de 12 et 8 pieds. Pour ces deux superficies, on a supposé des besoins en aération avec quatre changements par heure. D'après l'équation 2, les pertes par aération sont les suivantes:

Déperdition de chaleur par aération dans l'enceinte de traitement = $466 \times 12 \times 4 \times 3309 = 74{,}3 \times 10^6$ Btu/1000 pi^2 année

Déperdition de chaleur par aération dans les bureaux = $466 \times 8 \times 4 \times 8382 = 125{,}0 \times 10^6$ Btu/1000 pi^2 année

La déperdition de chaleur totale peut être calculée en ajoutant les pertes de chaleur par conduction et par aération pour chaque superficie. Pour convertir la déperdition de chaleur totale en charge thermique, il faut la multiplier par la superficie exprimée en milliers de pi^2. La charge thermique totale de l'installation est alors égale à la somme des charges thermiques de chaque superficie. Le tableau 4 résume les pertes de chaleur et les charges thermiques de chaque superficie. La charge thermique totale de la station est estimée à 3123×10^6 Btu/année.

Étape n° 2. Déterminer la capacité de la pompe à chaleur. La capacité ou la taille de la pompe à chaleur peut être déterminée en divisant la charge thermique par le nombre d'heures équivalentes à pleine charge. D'après l'équation 3, le nombre d'heures équivalentes à pleine charge (N) est de 1302 pour l'enceinte de traitement et 2613 pour les bureaux. Les températures nominales d'hiver (T) utilisées dans l'équation 3 sont de -16 °F pour l'aire de traitement et -12 °F pour les bureaux (ASHRAE, 1979).

TABLEAU 4 RÉSUMÉ DES BESOINS EN CHAUFFAGE POUR UNE STATION D'ÉPURATION HYPOTHÉTIQUE À MINNEAPOLIS (Minnesota)

Superficie occupée	Pertes de chaleur par conduction, E_C (Btu/1000 pi^2 . année)	Pertes de chaleur par aération, E_V (Btu/1000 pi^2 . année)	Déperdition totale $E_C + E_V$ (Btu/1000 pi^2 . année)	Charge thermique de la superficie (Btu/année)
Superficie des enceintes de traitement (25 000 pi^2)	$35,7 \times 10^6$	$74,0 \times 10^6$	$109,7 \times 10^6$	2742×10^6
Bureaux (2000 pi^2)	$65,4 \times 10^6$	$125,0 \times 10^6$	$190,4 \times 10^6$	381×10^6
Total				3123×10^6

Étant donné que les besoins en chauffage des deux superficies sont très différents, des systèmes de pompe à chaleur séparés seront plus efficaces. Si on suppose une charge thermique de 2742×10^6 Btu/année (voir tableau 4), et 1302 heures équivalentes à pleine charge, la capacité de l'unité n° 1, la pompe à chaleur requise pour l'aire de traitement fermée, est de $2,1 \times 10^6$ Btu/h (2742×10^6 Btu/année ÷ 1302 heures/année). De même, la capacité de la pompe à chaleur plus petite (unité n° 2), requise pour la superficie des bureaux est de $0,15 \times 10^6$ Btu/h.

Étape n° 3. Déterminer le COP. Le COP peut être calculé à partir de la figure 4, une fois que les températures de l'effluent et du système de chauffage par l'eau chaude sont déterminées. Comme il s'agit d'une nouvelle usine et que la température de l'effluent n'est pas connue, on supposera une température de 50 °F. La température du système de chauffage pour l'unité n° 1 sera fixée à 90 °F, celle de l'unité n° 2, à 120 °F. Ces températures doivent assurer un transfert de chaleur adéquat et permettre à chaque pompe de fonctionner selon un coefficient de performance élevé. Selon la figure 4, les COP sont respectivement de 4,1 et 2,8 pour les unités n° 1 et n° 2.

Étape n° 4. Déterminer le débit de l'évaporateur. L'équation 5 permet de déterminer le débit des évaporateurs des deux pompes à chaleur.

$$\text{Débit de l'effluent dans l'évaporateur de l'unité n° 1} = \frac{2000 \times 2,1 \left(1 - \frac{0,9}{4,1}\right)}{5} = 657 \text{ gpm}$$

$$\text{Débit de l'effluent dans l'évaporateur de l'unité n° 2} = \frac{2000 \times 0,15 \left(1 - \frac{0,9}{2,8}\right)}{5} = 41 \text{ gpm}$$

Le débit total de l'effluent dans les deux évaporateurs atteint donc près de 700 gpm pour une charge maximale. Ceci représente l'équivalent de 1,0 mgd, soit approximativement 20 p. 100 du débit nominal.

Étape nº 5. Coûts estimatifs et économies d'énergie. Les coûts estimatifs de la construction, de la main-d'oeuvre (E&E) ainsi que du matériel d'entretien pour chaque système de pompe à chaleur ont été déterminés à partir des figures 5, 6 et 7, pour un Indice des coûts de construction de 3610 de l'Engineering News Record (3 sept. 1981). Ces coûts, indiqués au tableau 5, pourraient être utilisés pour comparer les coûts des systèmes de chauffage auxiliaires. Selon une étude comparative du système de chauffage au mazout et de la pompe à chaleur effectuée p[illegible] Budde et coll. (1979), même si la pompe à chaleur coûte plus cher en main-d'oeuvre (E&E) et en matériel d'entretien, sa valeur actualisée est plus basse en raison des économies d'énergie. Avec l'escalade des coûts énergétiques, il ne fait aucun doute que cette différence s'accentuera. De plus, dans le cas des stations d'épuration urbaines, le coût initial de la pompe à chaleur pourrait être compensé par l'octroi de subventions de la part du gouvernement fédéral ou des états concernés.

Les coûts énergétiques annuels liés aux pompes à chaleur et aux systèmes de chauffage auxiliaires figurent au tableau 6. Ces coûts ont été fondés sur une charge thermique annuelle de 3123×10^6 Btu et des coûts unitaires pour la région de Minneapolis (Duval, 1981) de \$0,04/kWh pour l'électricité, \$1,19/gal pour le mazout, \$97/tonne pour le charbon et \$4,06/1000 pi^3 pour le gaz naturel. Le tableau 6 présente aussi les économies annuelles que permet l'installation d'une pompe à chaleur, comparativement à d'autres types de systèmes de chauffage. Les économies annuelles minimales sont de \$5082, si on les compare à une chaudière à gaz équivalente. Les économies annuelles par rapport à une chaudière au mazout type sont de \$28 905. Ces économies que représente l'installation d'une pompe à chaleur augmenteront sans doute dans l'avenir, si le prix du combustible continue de monter.

TABLEAU 5 COÛTS ESTIMATIFS DES POMPES À CHALEUR

Numéro de la pompe à chaleur	Superficie occupée	Capacité 1000 Btu/h	Coûts de construction (\$*)	Coût de la main-d'oeuvre (E&E) et du matériel d'entretien (\$/année**)
Nº 1	Enceinte de traitement	2100	86 676	4 400
Nº 2	Bureaux	150	13 000	530

* Établis à partir de l'Indice de 3610 des coûts de la construction de l'ENR (3 sept. 1981).
** Comprend à la fois le coût de la main-d'oeuvre à \$8 /h et celui du matériel d'entretien (voir figures 6 et 7).

TABLEAU 6 COMPARAISON DES COÛTS ÉNERGÉTIQUES

Type de chauffage	Coût énergétique annuel $*	Coût énergétique supplémentaire par rapport à une pompe à chaleur $/année
Pompes à chaleur	9 433	
Résistance électrique	52 294	42 861
Chaudière au mazout	38 338	28 905
Chaudière au charbon	17 608	8 175
Chaudière au gaz naturel	14 515	5 082

* Le coût du chauffage à résistance électrique est établi selon un rendement de 100 p. 100, celui des chaudières au mazout et au charbon selon un rendement de 70 p. 100, et celui des chaudières au gaz naturel selon un rendement de 80 p. 100. Le coût en énergie de la pompe à chaleur a été calculé de la façon suivante:

$$\left[\frac{2742 \times 10^6 \text{ Btu/année}}{4{,}1} + \frac{381 \times 10^6 \text{ Btu/année}}{2{,}8} \right] \frac{\$0{,}04/\text{kWh}}{3413 \text{ Btu/kWh}} = \$9433$$

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alter, A.J. (1969), "Sewerage and Sewage disposal in cold regions, Monograph III-C5b", US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, N.H., octobre 1969.

"ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual" (1979), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., New-York.

Boyle, J.D. (1976), "Biological treatment process in cold climates, Water and Sewage Works," avril 1976.

Budde, P.E., M.D. Doran et W.R. Ratai (1979), "Energy recovery from wastewater treatment plant effluent", Jour. Water Poll. Control Fed. 51, 2155.

Crews, P.B. (1977), "Heating the Fairbanks, Alaska, Wastewater Treatment Facility with a Heat Pump Treated Effluent", Proc. of an International Symposium on cold regions Engineering, Université de l'Alaska, Fairbanks.

Duval, A. (1981), St. Paul District, U.S. Army Corps of Engineers, St. Paul Minn. (communication personnelle).

Hyde, R. (1981), Superintendent of the Delafield-Hartland Wastewater Treatment Plant, (communication personnelle).

Niess, R.C. (1981), "Effluents and Energy Economics, Water/Engineering and Management", août 1981.

Phetteplace G. (1979) "Waste heat recovery for heating purposes", The Northern Engineer, vol. 10, nº 3.

Strock, C. et R.L. Koral (1965), Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilation, 2nd Ed., Industrial Press, New York.

Wesner, G.M., G.L. Culp, T.S. Lineck et D.J. Hinricsh (1978), "Energy conservation in municipal wastewater treatment", rapport technique, US EPA-430/9-77-011, mai 1978.

Wilke, D.A. et D.R. Fuller (1976), "Highly energy efficient Wilton Wastewater Treatment Plant, Civil Engineering-ASCE", mai 1976.

Wright-Pierce Architects/Engineers (1980), "Integrated energy systems monitoring municipal wastewater treatment plant, Wilton, Maine", rapport intermédiaire, nº de contrat 68-03-2587 US EPA, mai 1980.

AVANTAGES DE L'UTILISATION DE LA CHALEUR PERDUE PAR SYSTÈME À CYCLE ORGANIQUE DE RANKINE

J. Tackes, L. Fisher et G. Rooney
International Engineering Company, Inc.
Robert W. Retherford Associates Division
Anchorage, Alaska

SOMMAIRE

Dans ses politiques énergétiques, le North Slope Borough se donne comme objectifs premiers l'utilisation efficace de l'énergie, les économies d'énergie et l'auto-suffisance énergétique locale. On précise que les projets concernant les énergies de substitution se poursuivront en vue de réduire les dépenses locales en combustible et de tester concrètement les énergies de substitution. Cette étude a été entreprise pour appuyer ces politiques, pour évaluer les sources de chaleur perdue et la meilleure utilisation des pertes de chaleur d'une centrale électrique à Barrow (Alaska).

À partir d'une base fiable de données techniques, nous avons mis au point des scénarios dans lesquels la chaleur s'échappant d'une turbine à gaz est captée puis amenée à un générateur électromécanique à cycle organique de Rankine (ORC*), en vue de produire de l'énergie supplémentaire, de satisfaire aux besoins en chauffage du nouvel utilidor de Barrow (pas encore construit), et de chauffer les locaux du Barrow Public Health Service (PHS). Les scénarios sont les suivants (par ordre décroissant de préférence):

- Le scénario B fournit de la chaleur à l'utilidor et au générateur ORC, permet d'économiser 123,6 millions de m^3 de gaz de 1982 à 2001, et présente un rapport coûts-avantages de 2,17;
- Le scénario C fournit de la chaleur à l'utilidor, au générateur ORC et au PHS, permet d'économiser 118,5 millions de m^3 de gaz au cours de la période étudiée, et présente un rapport coûts-avantages de 2,02;
- Le scénario A fournit uniquement de la chaleur au générateur ORC, permet d'économiser 101,3 millions de m^3 de gaz au cours de la période étudiée, et présente un rapport coûts-avantages de 1,83.

En plus de ces scénarios, nous avons étudié la possibilité d'employer la chaleur perdue pour préchauffer l'arrivée d'air d'une turbine à gaz et nous avons recommandé l'application de cette utilisation à n'importe lequel des scénarios susmentionnés, dans le cas où ils seraient mis en oeuvre. Le préchauffage de l'air permet d'économiser 13,3 millions de m^3 de gaz naturel et présente un rapport coûts-avantages de 2,53 si c'est là la seule utilisation de la chaleur perdue, et un rapport de 7,67 s'il est appliqué conjointement avec un des scénarios A, B ou C.

La récupération de la chaleur perdue d'une turbine à gaz offre au North Slope Borough un moyen viable et intéressant d'atteindre les objectifs de ses politiques énergétiques. Dans le cas où le PHS et la BUECI (la coopérative d'électricité de Barrow)

---

* Organic Rankine Cycle turbine-generator

décideraient d'étendre leurs services en vue de desservir les collectivités et installations voisines actuellement autonomes, il serait posssible de récupérer une quantité de chaleur perdue plus importante que celle qui est nécessaire pour nos scénarios et, en temps utile, le Borough pourrait envisager l'extension du système de récupération de la chaleur perdue pour desservir d'autres installations à Barrow. On pourrait même envisager la possibilité d'un système de chauffage urbain.

INTRODUCTION

Le North Slope Borough (NSB) a fait appel à la Robert W. Retherford Associates Division (RWRA), de l'International Engineering Company, Inc., pour évaluer les quantités disponibles et déterminer la meilleure utilisation de la chaleur perdue à la centrale électrique de Barrow (Alaska). Le rapport résume les résultats des études et évaluations effectuées dans le cadre des travaux sous contrat.

Ce document reprend les résultats présentés dans "Barrow Power Plant Heat Recovery Study" (pour Frank Moolin and Associates par RWRA, décembre 1980) et dans "Power Requirements Study for Department of Public Utilities" (pour NSB par RWRA, octobre 1981), ainsi que des données sur le rendement communiquées par Solar Turbines, Inc. et Mechanical Technology, Inc. (MTI). On a également eu recours à de nouveaux devis techniques qui constituent une base de données pour les travaux décrits dans ce document.

À partir de cette base de données et des techniques de planification et de génie actuellement reconnues, la quantité minimale de chaleur perdue qui se puisse récupérer à Barrow de 1982 à 2001 a été évaluée et divers scénarios susceptibles d'être mis en oeuvre ont été mis au point.

Il faut remarquer que tous les scénarios envisagés comportent l'utilisation de la chaleur perdue par le générateur électromécanique à cycle organique de Rankine (ORC), conformément à l'intérêt manifesté par le NSB à l'endroit de cette technologie.

En plus de présenter en détail la base de données et les scénarios élaborés, nous allons résumer les méthodes, les hypothèses, les facteurs de coûts, les économies de gaz naturel prévues, et décrire le scénario qui semble le plus approprié.

BASE DE DONNÉES

On s'est servi de la "Power Requirements Study for Department of Public Utilities de la RWRA" (rédigée à l'intention du NSB, octobre 1981), pour prévoir l'importance de la charge électrique entre 1982 et 2001.

Les prévisions concernant la charge pour "Barrow seul", ainsi que d'autres estimations concernant la production énergétique sont détaillées dans l'étude de la RWRA. Ces "autres" estimations s'appliquent au cas où le PHS et la BUECI étendraient leurs services au-delà des limites actuelles de Barrow, pour permettre divers modes d'interconnexion entre Barrow, Wainwright, Atquasuk, le U.S. Navy Arctic Research Laboratory (NARL), le U.S. Air Force DEW Line Site et les champs gaziers de Barrow. Grâce à ces "autres" producteurs d'énergie, il y aurait plus de chaleur perdue récupérable à Barrow que si "Barrow seul" était considéré, comme c'est le cas ici. Cela entraînerait de promptes économies de combustible, en accord avec nos scénarios de récupération de la chaleur perdue, sans modification des structures et bâtiments actuels. En conséquence, si on s'est intéressé ici à "Barrow seul", c'est non seulement parce qu'il autorise les estimations les plus prudentes en matière de quantités de chaleur perdue disponible, mais aussi parce qu'il présente le cas de charge qui a le plus de chances de se réaliser.

La figure 1 prévoit l'évolution de la charge électrique pour "Barrow seul": la BUECI fournit de l'électricité uniquement aux aires de services existantes ou prévues à Barrow.

Les quantités de chaleur perdue récupérable ont été évaluées à l'aide d'un programme informatique fondé sur les génératrices Solar Centaur de 2500 kW actuellement en service ou prévues à Barrow (BUECI). Les figures 2 et 3 décrivent, respectivement, les quantités de chaleur perdue de 2 et 3 turbines Solar Centaur fonctionnant à des niveaux de charge égaux dans les conditions suivantes: gaz naturel 30,48 m (100 pi) au-dessus du niveau de la mer; arrivée d'air à 15,6 °C (60 °F) (voir la section sur le préchauffage de l'air d'alimentation de la turbine à gaz); baisse de pression de 5,3 cm (2,1 po) à l'arrivée de H_2O; baisse de pression de 20,3 cm (8 po) à la sortie de H_2O et température ("puits") de récupération minimale de la chaleur perdue de 93,3 °C (200 °F).

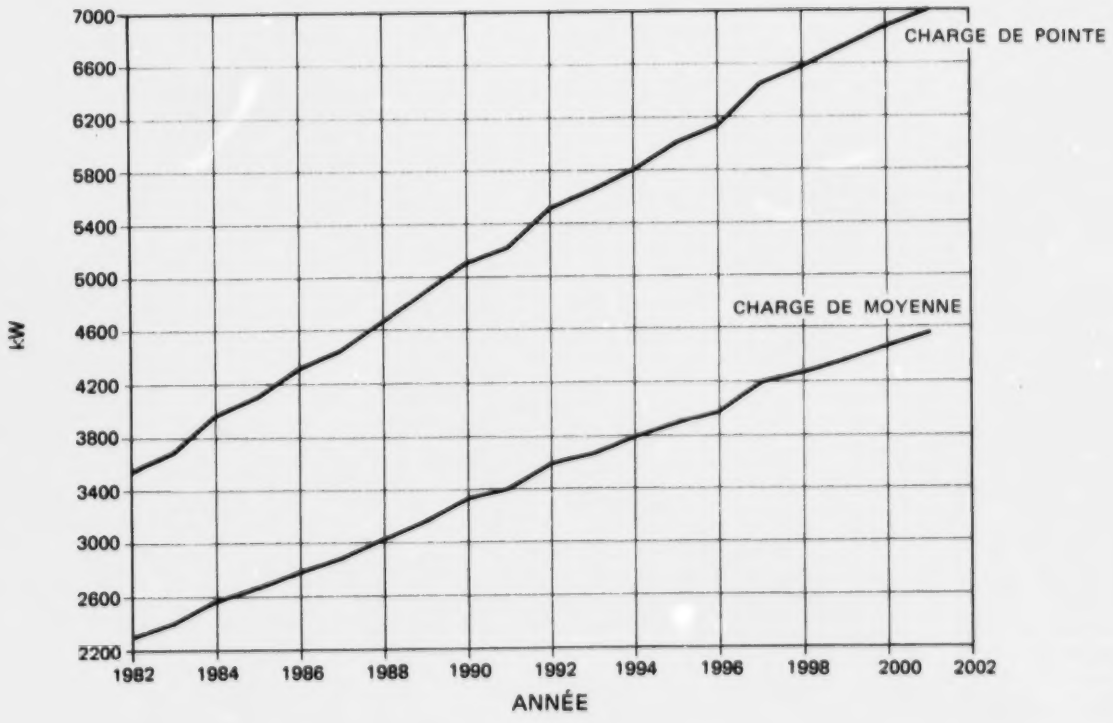


FIGURE 1 PRÉVISIONS CONCERNANT LA CHARGE ÉLECTRIQUE MOYENNE ET MAXIMALE DE BARROW

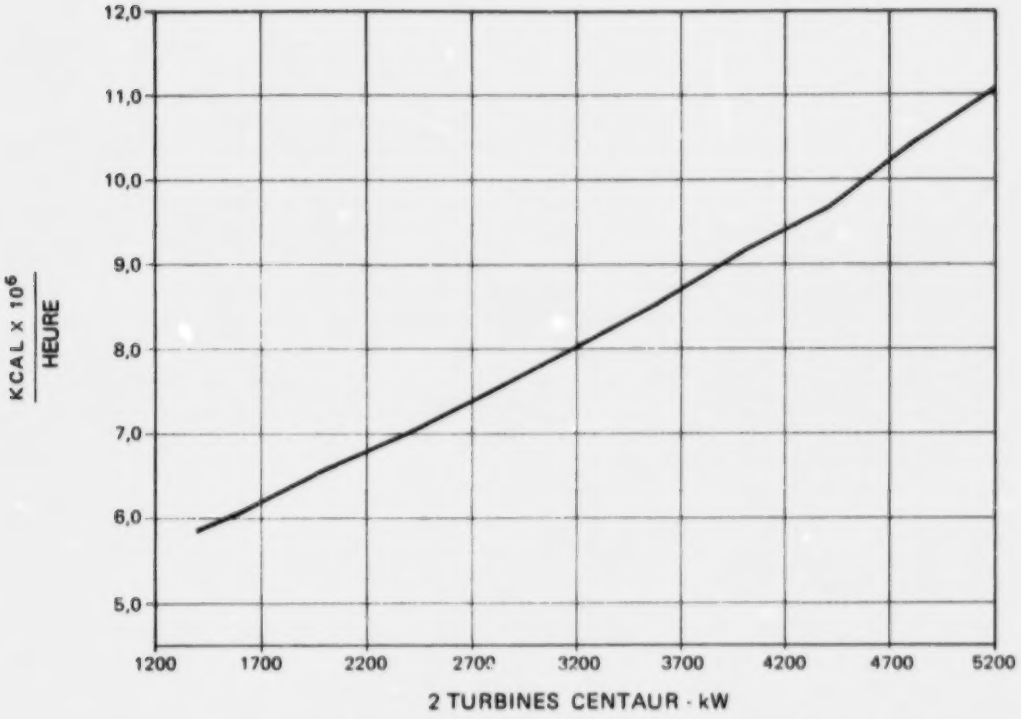


FIGURE 2 QUANTITÉ DE CHALEUR PERDUE RÉCUPÉRABLE À PARTIR DE DEUX TURBINES SOLAR CENTAUR

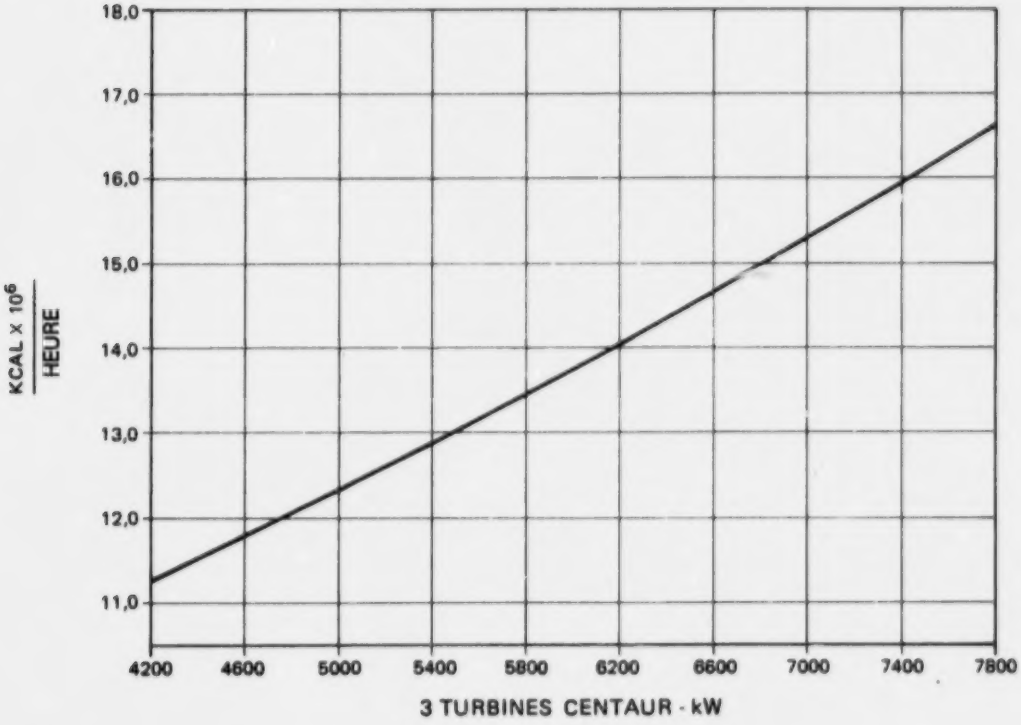


FIGURE 3 QUANTITÉ DE CHALEUR PERDUE RÉCUPÉRABLE À PARTIR DE TROIS TURBINES SOLAR CENTAUR

Les données des figures 1, 2 et 3 peuvent être combinées pour obtenir des renseignements sur la quantité de chaleur perdue qui se puisse récupérer par année, en supposant que deux turbines à gaz Centaur sont en opération de 1982 à 1990, et trois turbines de 1990 à 2001. Le tableau 1 résume les données annuelles, tandis que la figure 4 représente graphiquement la quantité de chaleur perdue disponible à chaque année.

Les données précédentes concernant la chaleur perdue par les turbines Solar Centaur ont été fournies au MTI, le fabricant du générateur électromécanique à cycle organique de Rankine. En collaboration avec le MTI (Mechanical Technology, Inc.), le NSB a étudié la faisabilité de l'installation d'un générateur ORC à Barrow. Le MTI a par la suite prévu le rendement du générateur ORC en fonction de la quantité de chaleur perdue récupérable; ces prévisions sont rapportées à la figure 5.

Les données fournies dans cette section ont servi de base pour les analyses techniques effectuées à partir de la méthode et des hypothèses étudiées dans la section suivante.

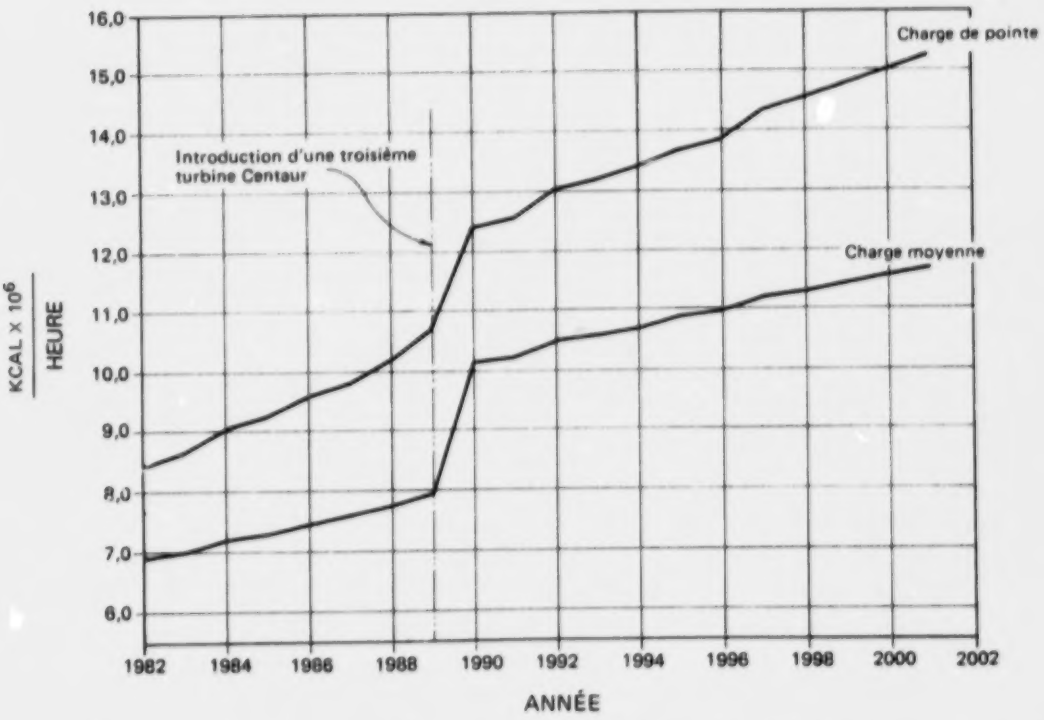


FIGURE 4 QUANTITÉS DE CHALEUR PERDUE RÉCUPÉRABLE PAR ANNÉE, D'APRÈS LES PROJECTIONS CONCERNANT LA CHARGE ÉLECTRIQUE DE BARROW

TABLEAU 1 PRÉVISIONS CONCERNANT LA CHARGE ÉLECTRIQUE DE BARROW

Année	Moyenne		Maximum	
	Charge (kW)	Chaleur perdue 10^5 kcal/h**	Charge kW	Chaleur perdue 10^5 kcal/h**
1982	2310	69,7	3554	84,7
1983	2404	70,6	3699	87,2
1984	2577	72,6	3965	91,0
1985	2672	73,6	4110	93,2
1986	2800	75,1	4307	96,3
1987	2896	76,6	4455	98,5
1988	3030	78,1	4662	102,3
1989	3180	80,1	4892	107,2
1990*	3316	102,1	5101	124,5
1991	3389	102,8	5214	126,0
1992	3593	105,6	5528	130,8
1993	3670	106,3	5646	132,3
1994	3775	107,4	5808	134,6
1995	3894	109,4	5990	137,3
1996	3967	110,1	6103	138,9
1997	4187	112,6	6433	143,9
1998	4270	113,4	6569	145,9
1999	4362	114,9	6711	148,2
2000	4454	116,2	6852	150,4
2001	4550	117,2	7000	153,0

* introduction de la troisième turbine Centaur
** kcal/h x 4,186 = kJ/h

MÉTHODE D'ÉVALUATION ET HYPOTHÈSES TECHNIQUES

La précision et la logique de la base de données ont permis d'utiliser une méthode d'évaluation technique simple. En soustrayant les besoins en chauffage de divers modes d'utilisation directe de la chaleur ("scénarios") des données sur la quantité de chaleur récupérable, il est possible de prévoir, par année et par scénario, le rendement du générateur ORC (en kilowatts nets).

Chaque kilowatt net produit par l'ORC permet d'économiser la même quantité de combustible qu'exige en moyenne la production d'un kW par les turbines Centaur. Les économies de combustible dues à l'ORC sont alors ajoutées au combustible remplacé en utilisant directement la chaleur perdue pour le chauffage à l'intérieur de chaque scénario, et le total des économies de combustible par scénario et par année peut être prévu jusqu'en l'an 2001. Les économies de combustible résultant de l'exploitation du système ORC sont importantes, car le cycle de la turbine à gaz consomme relativement peu de

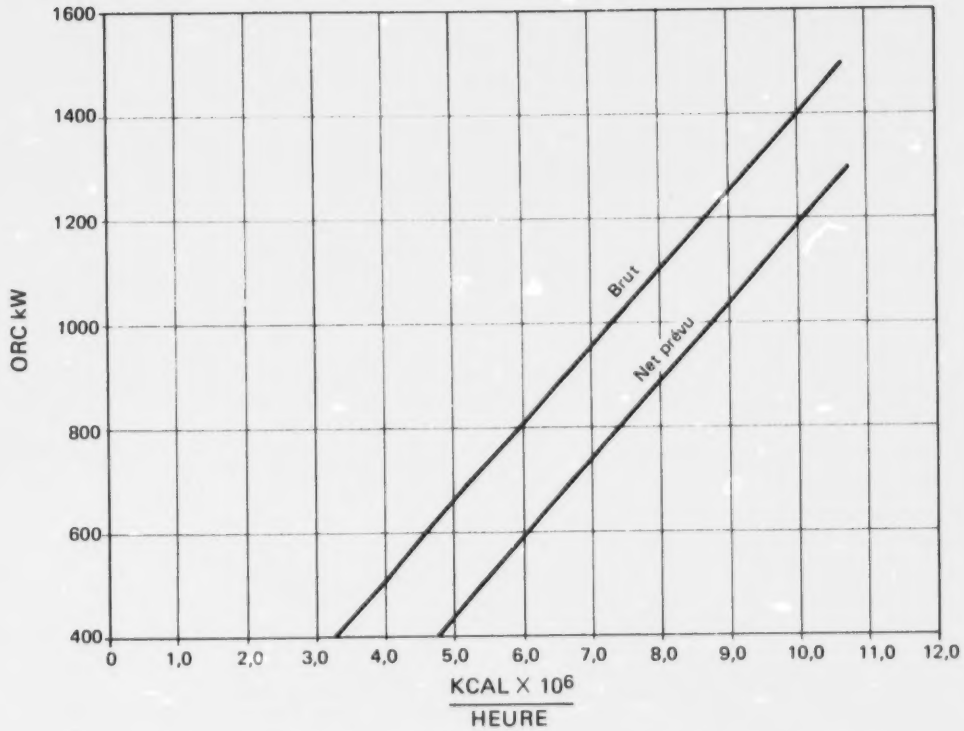


FIGURE 5 RENDEMENT DU GÉNÉRATEUR ORC EN FONCTION DE LA QUANTITÉ DE CHALEUR PERDUE RÉCUPÉRABLE

combustible comparativement aux besoins en combustible pour le chauffage. Ainsi, chaque kilowatt qui n'est pas produit par la turbine à gaz permet d'économiser plus de cinq fois la quantité d'énergie équivalente en combustible.

Cette méthode d'évaluation, décrite cas par cas dans la section suivante, est fondée sur certaines hypothèses normalisées:

- l'air admis dans les turbines à gaz est préchauffé à 15,6 °C (60 °F) à l'aide de la chaleur du condenseur de l'ORC;
- le matériel de récupération de la chaleur perdue est supposé apte à faire passer l'effluent de la turbine à gaz à 93,3 °C (200 °F);
- la baisse de pression à l'admission de la turbine à gaz est égale à 5,3 cm (2,1 pouces) de la colonne d'eau;
- la baisse de pression à la sortie de la turbine à gaz avec du matériel de récupération de la chaleur est maintenue à 20,3 cm (8,0 pouces) de la colonne d'eau;
- le débit moyen de chaleur de la turbine Centaur est de 4797,5 kcal/kWh (19 023 Btu/kWh);
- la charge électrique de Barrow doit être partagée uniformément entre les deux turbines Centaur de 1982 à 1989, et entre les trois turbines Centaur de 1990 à 2001;
- la quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage direct est extraite en premier lieu, avant que le surplus de chaleur restant soit récupéré pour les besoins de l'ORC;
- le condenseur de l'ORC est refroidi à l'air et fonctionne lorsque la température de l'arrivée d'air ambiant est de -23,3 °C (-10 °F).

Les calculs sont tous fondés sur des charges moyennes plutôt que sur des charges de pointe, étant donné que les scénarios doivent permettre de récupérer une quantité de chaleur perdue suffisante pour être utilisée dans des conditions moyennes, lorsque la quantité de chaleur récupérable est moindre que dans des conditions maximales.

La section suivante s'intéresse à l'application de cette méthode à la base de données, afin d'évaluer les scénarios d'utilisation de la chaleur perdue.

SCÉNARIOS D'UTILISATION DE LA CHALEUR PERDUE

Trois scénarios d'utilisation de la chaleur perdue, A, B et C, ont été choisis sur la base d'une application réaliste à Barrow. Tous les scénarios sont fondés sur l'installation de dispositifs de récupération existant sur le marché et ne nécessitant aucune modification des circuits d'échappement des générateurs électriques à turbine à gaz.

Les pertes de chaleur des turbines à gaz Centaur fonctionnant dans les conditions décrites précédemment dépassent 55 p. 100 de la valeur thermique du gaz naturel consommé. On propose de les récupérer au moyen d'unités de récupération de la chaleur transférant la chaleur perdue des gaz d'échappement de la turbine à un fluide de transfert de la chaleur, comme par exemple un mélange d'eau et de glycol. Des travaux antérieurs, effectués par la RWRA (voir "Barrow Power Plant Heat Recovery Study"), signalent six fabricants d'équipement approprié de récupération de la chaleur et indiquent qu'un ou plusieurs dispcsitifs pourraient être installés à la nouvelle centrale de Barrow, sans nécessiter de modifications à l'intérieur de l'usine.

Les scénarios A, B et C prévoient l'installation d'un générateur électromécanique à cycle organique de Rankine (ORC). Cet appareil, fabriqué par MTI, est un module hermétiquement scellé renfermant une turbine de commande, une génératrice et une pompe hydraulique sur un arbre commun. Le fluide d'entraînement de l'ORC (Fréon 113) sert aussi à lubrifier les paliers et refroidir le générateur, éliminant ainsi les joints d'arbre, les engrenages et l'usage d'huile lubrifiante. Le module scellé de façon hermétique réduit au minimum les fuites du fluide d'entraînement; le MTI affirme que les pertes de fluide peuvent être réduites à zéro. Le fluide d'entraînement de l'ORC est réchauffé par transfert du fluide de récupération de la chaleur.

Le scénario A consiste à utiliser toute la chaleur récupérée pour les besoins de l'ORC; tout surplus de chaleur serait rejeté dans l'atmosphère. Ce scénario est décrit de façon schématique à la figure 6.

Le scénario B prévoit une consommation de 1 519 560 kcal/h (6 000 000 Btu/h) pour le chauffage de l'eau potable circulant dans l'utilidor souterrain qui sera construit à Barrow. Les besoins en chaleur de l'utilidor sont fondés sur une estimation établie par le bureau d'ingénieurs responsable de la construction de l'utilidor, Frank Moolin and Associates (FMAA) d'Anchorage. Le chauffage de l'utilidor serait assuré en chauffant l'eau potable circulant dans l'utilidor au moyen du fluide de transfert de récupération de la chaleur, la chaleur perdue restante étant acheminée vers l'ORC. Tous les autres aspects de ce scénario sont les mêmes que ceux décrits à la figure 6.

Le scénario C récupère de la chaleur pour les besoins des locaux du Barrow Public Health Service (PHS), en plus de chauffer l'utilidor et d'apporter de la chaleur à l'ORC. Les installations du PHS décrites dans "Barrow Power Plant Heat Recovery Study" comme celles qui s'adapteraient le mieux à une modification du système de récupération de la chaleur perdue, étant donné qu'elles sont à proximité de la station génératrice, qu'elles possèdent un système de chauffage central et qu'elles font usage d'un fluide de circulation eau-glycol pour le chauffage. La chaleur serait transférée du fluide de récupération de la chaleur à un fluide eau-glycol parallèlement au chauffage de l'eau circulant dans l'utilidor, avant que la chaleur restante soit transmise à l'ORC. Le fluide eau-glycol serait pompé

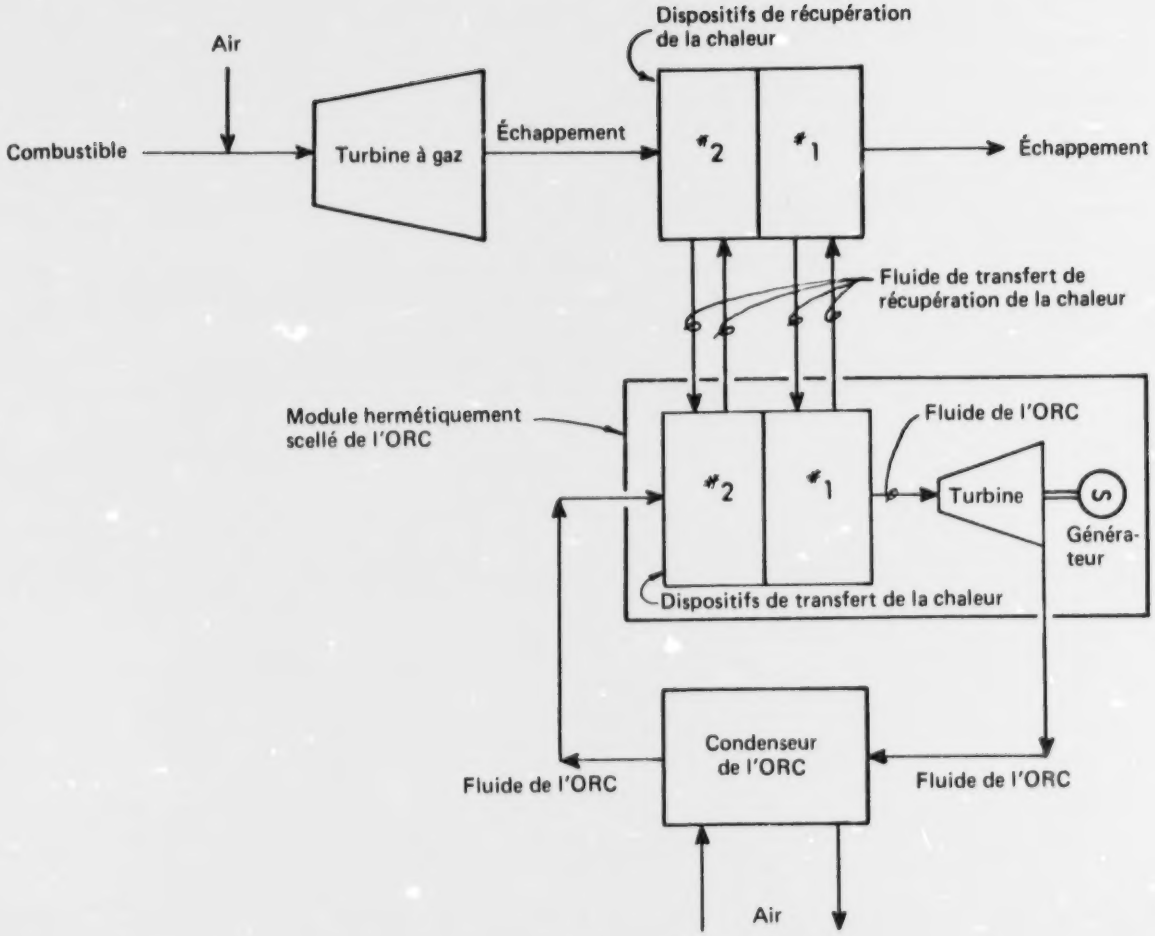


FIGURE 6 SCHÉMA DU SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR ET DU GÉNÉRATEUR ORC

dans des conduites isolées vers la chambre des chaudières du PHS, où il passerait par un échangeur de chaleur pour chauffer le fluide de chauffage eau-glycol du PHS. Celui-ci traverserait alors le système du PHS comme il le fait actuellement, ce qui comprend aussi la chaudière du PHS, dans le cas où un apport de chaleur supplémentaire serait nécessaire ("périodes de pointe").

L'étude déjà mentionnée a permis de déterminer la quantité de chaleur de pointe pour les locaux du PHS, soit environ 832 128 kcal/h (3 300 000 Btu/h). En tenant compte des pertes, on a eu besoin de 1 008 640 kcal/h (4 000 000 Btu/h) pour chauffer l'ensemble des locaux du PHS dans le scénario C; la quantité totale de chaleur requise pour l'utilidor et le PHS (scénario C) a été de 2 521 600 kcal/h (10 000 000 Btu/h).

En appliquant la méthode décrite dans la section précédente, la quantité de chaleur qu'il est possible de récupérer pour l'ORC peut être calculée pour chaque scénario, ce qui permet de déterminer le potentiel de puissance nette de l'ORC par scénario et par année. Le tableau 2 indique les quantités de chaleur récupérable et le potentiel de kilowatts nets de l'ORC à chaque année, pour chacun des trois scénarios fondés sur la charge électrique moyenne de Barrow. Notons qu'une production maximale de 1265 kilowatts nets pour l'ORC n'est réalisable que dans le scénario A; de l'an 1993 à 2002, il y aura un surplus de chaleur récupérable si on applique ce scénario.

Le graphique de la figure 7 illustre les données présentées au tableau 2.

L'intérêt majeur de l'utilisation de la chaleur perdue réside dans les économies de gaz naturel consommé actuellement à Barrow pour la production d'électricité et pour le chauffage.

Chaque kilowatt produit par l'ORC devrait permettre d'économiser les 4794,3 kcal/h (19 023 Btu/h) nécessaires, en moyenne, pour obtenir le même kilowatt à partir des turbines à gaz Centaur. Sachant que le gaz naturel a une valeur calorifique de 8905 kcal/m^3 (1000 Btu/pi^3), ces économies de combustible sont équivalentes à des économies de 0,539 m^3/h (19 023 pi^3/h) de gaz par kWh produit par l'ORC.

TABLEAU 2 RENDEMENT DE L'ORC

Année	Chaleur récupérable 10^5 kcal/h*	Kilowatts net produits par l'ORC		
		Scénario A	Scénario B	Scénario C
1982	69,6	725	500	350
1983	70,6	740	515	365
1984	72,6	770	545	395
1985	73,6	785	560	410
1986	75,1	808	583	433
1987	76,6	830	605	455
1988	78,1	853	628	478
1989	80,1	883	658	508
1990**	102,1	1209	984	834
1991	102,8	1220	995	845
1992	105,6	1261	1036	886
1993	106,3	1265	1048	898
1994	107,4	1265	1063	913
1995	109,4	1265	1093	943
1996	110,1	1265	1104	954
1997	112,6	1265	1141	991
1998	113,4	1265	1153	1003
1999	114,9	1265	1175	1025
2000	116,2	1265	1194	1044
2001	117,2	1265	1209	1059

* kcal/h x 4,186 = kJ/h

** introduction de la troisième turbine Centaur

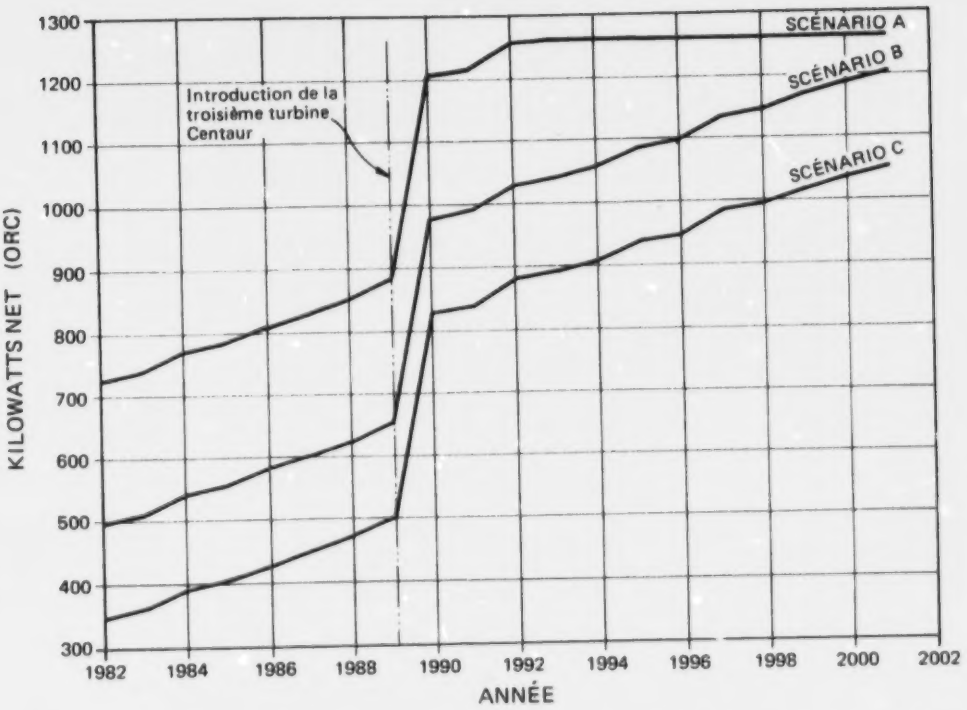


FIGURE 7 RENDEMENT DE L'ORC EN KILOWATTS NET PAR ANNÉE ET PAR SCÉNARIO

Les besoins en chauffage de l'utilidor sont supposés être de 1 519 560 kcal/h (6 000 000 Btu/h), 8760 heures par année, c'est-à-dire de 1325×10^{10} kcal/année (5256×10^{10} Btu/année). Si cette chaleur était produite par une chaudière à gaz naturel fonctionnant à 75 p. 100 de son rendement thermique, les besoins en combustible seraient de $(1{,}325 \times 10^{10})/0{,}75 = 1{,}767 \times 10^{10}$ kcal/année, ce qui signifie une économie de 1 984 666 m^3 de gaz naturel par année. Étant donné que la consommation de gaz se mesure habituellement en milliers de mètres cubes (Mm^3), le combustible économisé lorsque l'utilidor est chauffé au moyen de chaleur perdue peut être exprimé de la façon suivante: $1{,}985 \times 10^3$ Mm^3/année.

Le combustible économisé en récupérant la chaleur perdue pour chauffer le PHS a été évalué en supposant que 80 p. 100 du gaz naturel utilisé pour les besoins du PHS entre juillet 1979 et juin 1980 l'ont été pour le chauffage. Les économies annuelles de combustible sont calculées de la façon suivante: $0{,}80 \times 579{,}12$ $Mm^3 = 463{,}3$ Mm^3/année. Notons que les économies de combustible pour le PHS sont relativement négligeables par rapport à celles du chauffage de l'utilidor, étant donné que la charge du PHS n'est pas constante toute l'année durant. Bien que les besoins moyens du PHS nécessitent environ la moitié de la charge maximale, on suppose ici que la demande en période de pointe doit pouvoir être satisfaite en tout temps.

Les économies annuelles de gaz naturel par scénario sont présentées au tableau 3 et à la figure 8.

TABLEAU 3 ÉCONOMIES DE COMBUSTIBLE RÉALISÉES GRÂCE À L'UTILISATION DE LA CHALEUR PERDUE

Année	Combustible économisé par l'ORC en milliers de m^3			Quantité totale de combustible économisé en milliers de m^3			Économies de combustible @ $120,76/1000 m^3*		
	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario A	Scénario B	Scénario C
1982	3 421,5	2 359,7	1 651,8	3 421,5	4 344,3	4 099,7	413 187	524 187	495 093
1983	3 492,3	2 430,4	1 722,5	3 492,3	4 410,5	4 170,5	421 737	533 178	503 639
1984	3 633,9	2 572,0	1 864,1	3 633,9	4 566,7	4 312,1	438 834	550 278	520 736
1985	3 704,7	2 642,8	1 934,9	3 704,7	4 627,5	4 382,9	447 384	558 825	529 286
1986	3 810,8	2 749,0	2 041,1	3 810,8	4 733,7	4 489,0	460 205	571 650	542 108
1987	3 917,0	2 855,2	2 147,3	3 917,0	4 839,8	4 595,2	473 027	584 471	554 933
1988	4 023,2	2 961,4	2 253,4	4 023,2	4 946,0	4 701,4	485 852	597 296	567 754
1989	4 164,8	3 102,9	2 395,1	4 164,8	5 087,6	4 843,0	502 949	614 393	584 854
1990	5 704,4	4 642,6	3 934,7	5 704,4	6 627,3	6 282,6	688 884	800 328	770 786
1991	5 757,5	4 695,7	3 987,8	5 757,5	6 680,3	6 435,7	695 296	806 737	777 198
1992	5 952,2	4 890,4	4 182,5	5 952,2	6 875,0	6 630,4	718 805	830 246	800 708
1993	5 969,9	4 943,5	4 235,6	5 969,9	6 928,1	6 683,5	720 939	836 659	807 120
1994	5 969,9	5 014,3	4 306,3	5 969,9	6 998,9	6 754,3	720 939	845 209	815 667
1995	5 969,9	5 155,8	4 447,8	5 969,9	7 140,5	6 895,9	720 939	862 305	832 767
1996	5 969,9	5 208,9	4 501,0	5 969,9	7 193,6	6 949,0	720 939	868 718	839 176
1997	5 969,9	5 385,0	4 678,0	5 969,9	7 370,6	7 125,9	720 939	890 089	860 547
1998	5 969,9	5 439,0	4 731,1	5 969,9	7 423,6	7 179,0	720 939	896 498	866 960
1999	5 969,9	5 545,2	4 837,3	5 969,9	7 529,8	7 285,2	720 939	909 323	879 785
2000	5 969,9	5 633,6	4 925,8	5 969,9	7 618,3	7 373,7	720 939	920 007	890 469
2001	5 969,9	5 704,4	4 996,6	5 969,9	7 689,1	7 444,5	720 939	928 557	899 019
Totaux	101 311,4	83 931,8	69 774,4	101 311,4	123 681,2	118 733,5	12 234 611	14 929 398	14 338 605

* dollars de la mi-1981

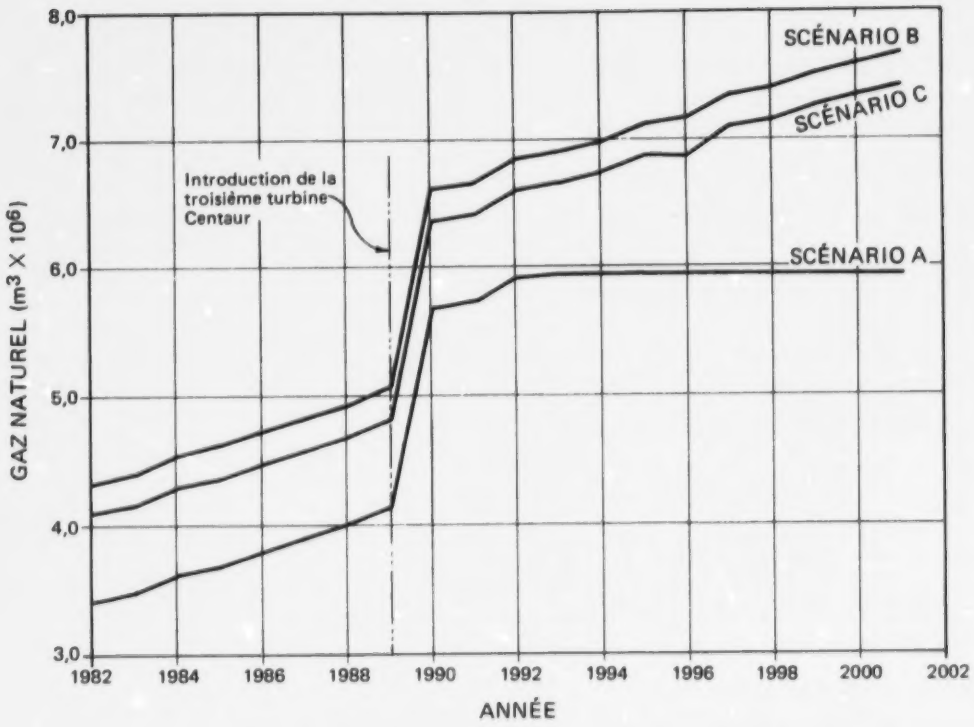


FIGURE 8 ÉCONOMIES ANNUELLES DE COMBUSTIBLE PAR SCÉNARIO

Il faut remarquer que l'ORC est un bon moyen d'économiser le combustible à condition que la turbine à gaz puisse satisfaire la demande moyenne, car l'ORC n'est pas considéré comme une source fiable d'énergie. Dès qu'il le sera, ce système pourra contribuer à abaisser la production moyenne de la turbine à gaz, entraînant ainsi une légère diminution de la part de l'ORC dans les économies générales de combustible.

Les trois dernières colonnes du tableau 3 attribuent une valeur en dollars au combustible économisé sur la base de \$120,76 Mm^3 ou \$0,121/m^3; les considérations économiques font l'objet de la section suivante.

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Même si les trois scénarios permettent des économies qui sont directement fonction de la quantité de combustible économisé et du coût du combustible, chaque scénario comporte des coûts additionnels liés au matériel de récupération et d'utilisation de la chaleur perdue. Le tableau 4 résume les coûts estimatifs du matériel en dollars (valeur de la mi-1981), et suppose que tout le matériel peut être installé dans la nouvelle centrale de Barrow sans modification des ouvrages ou des bâtiments.

Les estimations du tableau 4 peuvent être combinées pour évaluer les coûts de chaque scénario. Les coûts estimatifs par scénario sont indiqués au tableau 5 en dollars de la mi-1981. Les coûts liés à chaque scénario supposent qu'on emploie trois unités de récupération de la chaleur.

TABLEAU 4 PRINCIPAUX COÛTS DE L'ÉQUIPEMENT

Article	Coût estimatif après l'installation
Générateur ORC complet (un seul)	3 750 000
Dispositif de récupération de la chaleur, par turbine à gaz, incluant les conduites et les soupapes	1 500 000
Système de chauffage de l'utilidor:	
Chaudière de réserve	80 000
Échangeurs de chaleur et accessoires	30 000
Pompes et conduites de distribution	30 000
Système électrique	25 000
Système de chauffage du PHS:	
Échangeurs de chaleur et accessoires	25 000
Pompes de distribution	30 000
Conduites de distribution	70 000
Modifications apportées au bâtiment	20 000
Système électrique	35 000
Préchauffage de l'air (condenseur de l'ORC):	
Pompes, conduites et accessoires	40 000
Serpentins et enceintes en tôle	250 000
Système électrique	25 000

TABLEAU 5 COÛTS ESTIMATIFS PAR SCÉNARIO

Scénario	Coût estimatif après l'installation ($)	15 % pour coûts d'ingénierie, de construction et de gestion ($)	5 % pour imprévus ($)	Coût estimatif total ($)
A	5 565 000	835 000	280 000	6 680 000
B	5 730 000	860 000	285 000	6 875 000
C	5 910 000	885 000	295 000	7 090 000

Note: tous les montants sont arrondis à $5000 près.

Le lecteur doit se rappeler que les valeurs en dollars attribuées aux avantages (économies) et aux coûts ne doivent pas faire oublier les déterminations techniques très "réelles" des économies d'énergie signalées dans la section précédente. La précision des données ayant servi aux études techniques et la méthode utilisée permettent d'évaluer les économies d'énergie avec une bonne exactitude. Par contre, les coûts sont liés à des facteurs beaucoup plus impondérables, entre autres:

- le seul facteur déterminant le coût des avantages est le coût par unité de combustible; nous avons utilisé une valeur de $\$120,76/Mm^3$ fondée sur nos données de la meilleure estimation du NSB du coût réel du combustible, mais il est évident que toute modification de cette valeur influe directement sur le coût des avantages.
- le coût estimatif du système ORC comprend au moins deux tiers du total des coûts en capital liés à l'un quelconque des trois scénarios; ce coût est établi d'après nos données des estimations en cours du MTI, et nécessite analyse et révision au niveau de l'étude de faisabilité afin que tout calcul du rapport coûts-avantages soit considéré comme fiable.
- les coûts du matériel du système de récupération et d'utilisation de la chaleur perdue sont à jour et tirés de "Barrow Power Plant Heat Recovery Study"; ils devraient être examinés de façon plus détaillée.

Compte tenu de ces réserves et du fait que l'on peut évaluer avec précision les économies de combustible, le rapport coûts-avantages pour chacun des trois scénarios d'utilisation de la chaleur perdue est indiqué au tableau 6.

TABLEAU 6 RAPPORT COÛTS-AVANTAGES PAR SCÉNARIO

Scénario	Économies de combustible totales ($)	Total des coûts en capital ($)	Rapport coûts-avantages
A	12 234 616	6 680 000	1,83
B	14 929 398	6 875 000	2,17
C	14 338 605	7 090 000	2,02

Suivant le tableau 6, le scénario qui offre le plus grand intérêt est celui qui permet de réaliser le maximum d'économies de combustible:

- le scénario le plus intéressant est le scénario B: la chaleur perdue sert à chauffer l'utilidor et alimente l'ORC en énergie;
- vient ensuite le scénario C, qui en plus de reproduire le scénario B, assure le chauffage du PHS;
- enfin, le scénario A, qui ne considère que la production énergétique de l'ORC à partir de la chaleur perdue d'une turbine à gaz, est le moins intéressant des trois.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions. Comme nous l'avons remarqué à la fin de la dernière section, les scénarios d'utilisation de la chaleur perdue présentent un ordre d'intérêt décroissant en ce qui concerne leur application.

Le meilleur scénario, le scénario B, récupère la chaleur de l'échappement des turbines à gaz de la centrale de Barrow pour répondre aux besoins en chauffage de l'utilidor et fournir de la chaleur au générateur électromécanique à cycle organique de Rankine (ORC). Le scénario B permet les économies de gaz naturel les plus élevées (environ 123,6 millions de mètres cubes de gaz de 1982 à 2001); d'après des estimations approximatives de coûts, il présente le rapport coûts-avantages le plus avantageux: 2,17.

Le deuxième scénario, le scénario C, récupère la chaleur d'échappement pour chauffer les locaux du PHS, en plus de répondre aux besoins en chauffage de l'utilidor et de fournir de la chaleur au générateur ORC. Le scénario C occupe la seconde place en ce qui concerne les économies d'énergie (environ 118,7 millions de mètres cubes de gaz de 1982 à 2001) et le rapport coûts-avantages (2,02).

Le moins intéressant des trois scénarios considérés, le scénario A, récupère la chaleur d'échappement pour le seul générateur ORC. Même si ce scénario est "le moins intéressant", il permet cependant de réaliser d'importantes économies en combustible (101,3 millions de mètres cubes) et il présente un rapport coûts-avantages de 1,83, ce qui n'est que de 15 p. 100 inférieur au meilleur scénario, le scénario B. La raison principale pour laquelle le scénario A ne permet pas d'économiser autant de combustible que les autres scénarios est qu'il n'utilise pas toute la chaleur perdue disponible - le scénario A dispose d'un surplus de chaleur récupérable à partir de 1993, d'après les charges moyennes d'électricité de Barrow.

Il faut noter que le scénario A serait des plus rentables en ce qui concerne la plus grande production énergétique de l'ORC dans les délais les plus courts. La figure 10 indique la contribution potentielle de l'ORC aux besoins maximaux annuels en énergie de Barrow. Les besoins annuels maximaux pour le fonctionnement de la turbine à gaz sont indiqués par trois courbes (se réunissant en une) et la part de l'ORC dans chaque scénario est la différence entre la courbe de pointe du système à la partie supérieure et les courbes de pointe respectives de la turbine à gaz.

Recommandations. À partir de ces conclusions, il est recommandé que le North Slope Borough poursuive ses travaux concernant l'application du scénario B, c'est-à-dire la récupération et la mise en réserve de la chaleur perdue de la turbine à gaz pour les besoins en chaleur de l'utilidor et de l'ORC. Cette recommandation est fondée sur les caractéristiques suivantes du scénario B:

- économies maximales de combustible;
- meilleur rapport coûts-avantages;
- nouvelle construction seulement - pas de modifications nécessaires;
- la chaleur récupérée sera utilisée dans le complexe des bâtiments de la centrale;
- réalisation des objectifs du NSB pour le chauffage de l'utilidor qui sera construit prochainement sans combustible supplémentaire;
- récupération de la chaleur pour ce qui sera, au début, une centrale expérimentale dans le climat rigoureux de Barrow tout en appliquant une technologie qui a fait ses preuves, le chauffage à l'eau (ce qui peut être considéré comme couvrant la mise d'investissement), et possible extension du système en vue de desservir le PHS (scénario C) si l'expérience opérationnelle et les données mises à jour sur les coûts le permettent.

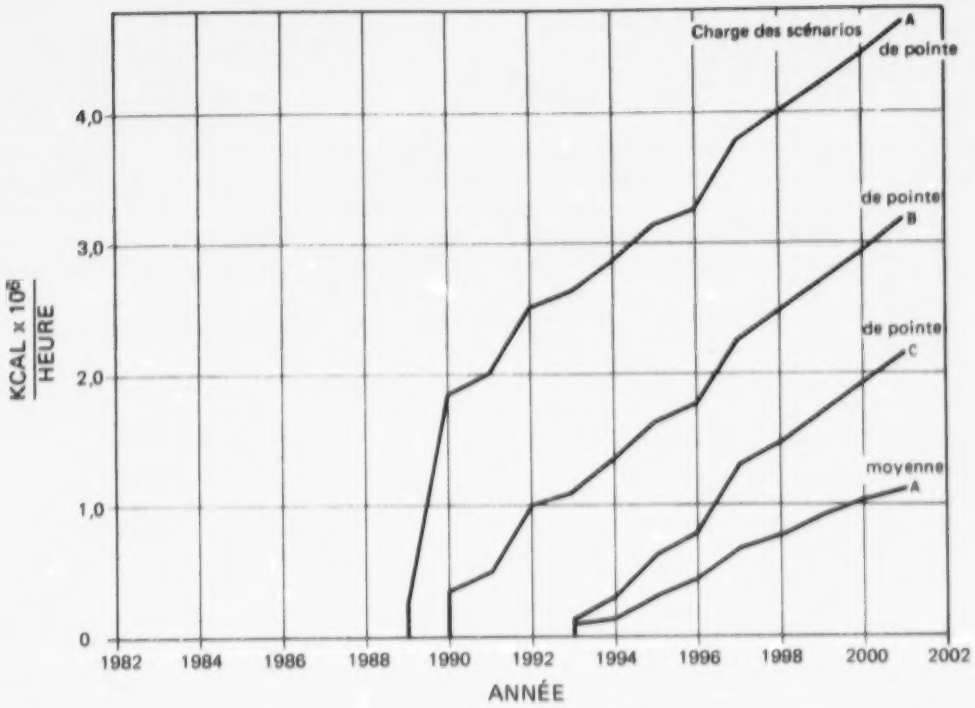


FIGURE 9 SURPLUS DE CHALEUR RÉCUPÉRABLE PAR SCÉNARIO ET CHARGE

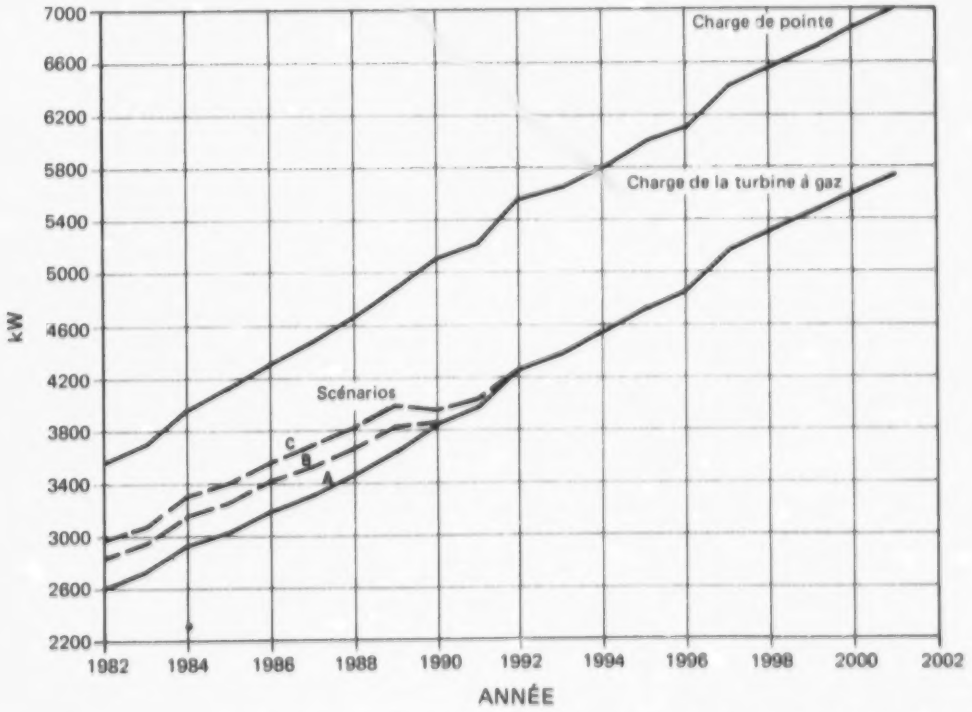


FIGURE 10 BESOINS MAXIMAUX ANNUELS DE LA TURBINE À GAZ PAR SCÉNARIO

Pour conclure, remarquons que l'un quelconque des scénarios de récupération de la chaleur perdue étudiés, et très certainement celui qui fournit de la chaleur à l'utilidor et à l'ORC, offre au North Slope Borough la possibilité d'accroître considérablement la rentabilité de la consommation d'énergie, les économies d'énergie et l'autonomie en matière d'approvisionnement, tout en démontrant l'efficacité d'une ressource énergétique de remplacement - les objectifs clés des politiques énergétiques du NSB. Ces objectifs sont louables et prometteurs et il faut espérer que les études présentées dans ce document aideront à les atteindre.

PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR D'ALIMENTATION DE LA TURBINE À GAZ

Comme on a pu en prendre connaissance dans la section "Méthode d'évaluation et hypothèses techniques, l'une des hypothèses-clés considérées dans ce rapport est que l'air d'alimentation vers les turbines à gaz est préchauffé à 15,6 °C (60 °F). La température de l'air ambiant à Barrow étant d'environ - 17,8 °C (0 °F) le préchauffage de l'air permet de réaliser des économies de combustible importantes et il offre des avantages en coût qui sont décrits ici. Comme nous le verrons, il est recommandé d'appliquer la technique du préchauffage en faisant usage de la chaleur perdue indépendamment des scénarios analysés dans le présent document.

Les figures A1, A2 et A3 présentent certains aspects avantageux du préchauffage de l'air d'alimentation de la turbine à gaz. La figure A1 montre qu'une quantité moindre de combustible est nécessaire par kW produit lorsque l'arrivée d'air ambiant est préchauffée.

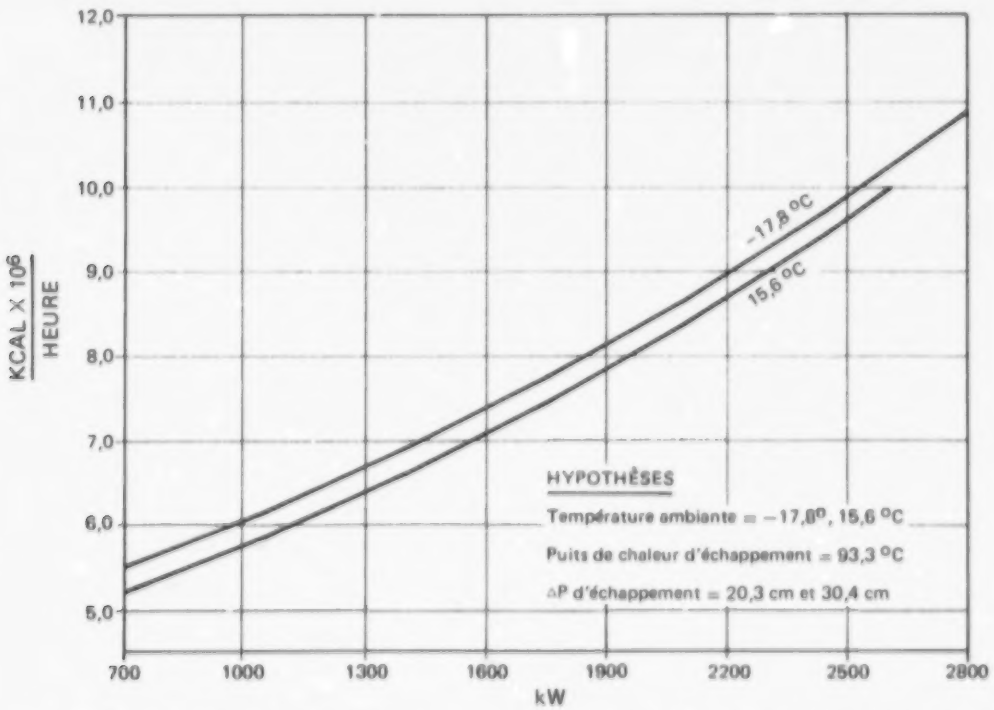


FIGURE A-1 CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE EN FONCTION DE LA PRODUCTION DE LA TURBINE SOLAR CENTAUR (kW)

La figure A2 montre qu'une plus grande quantité de chaleur perdue d'échappement est récupérable lorsque l'air d'alimentation est préchauffé, quel que soit le nombre de kilowatts. La figure A3, qui combine les données des figures A1 et A2, indique un rapport chaleur perdue/combustible consommé nettement plus élevé dans le cas de l'air préchauffé; ce rapport peut être considéré comme une mesure du rendement de la production de chaleur perdue.

Les économies de combustible attribuables au préchauffage de l'air de la turbine à gaz peuvent être calculées à partir des économies moyennes en kcal/h par kilowatt produit. Le tableau A-1 indique des économies de l'ordre de 196,7 kcal/h.

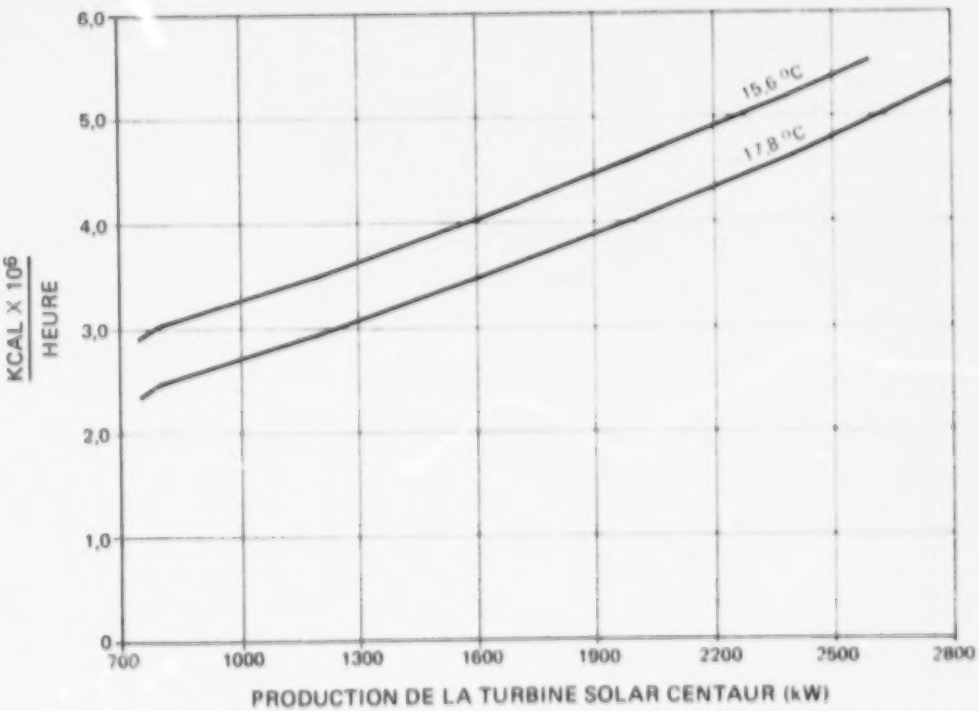


FIGURE A-2 CHALEUR RÉCUPÉRABLE EN FONCTION DE LA PRODUCTION DE LA TURBINE SOLAR CENTAUR ET DES TEMPÉRATURES DE L'AIR D'ALIMENTATION

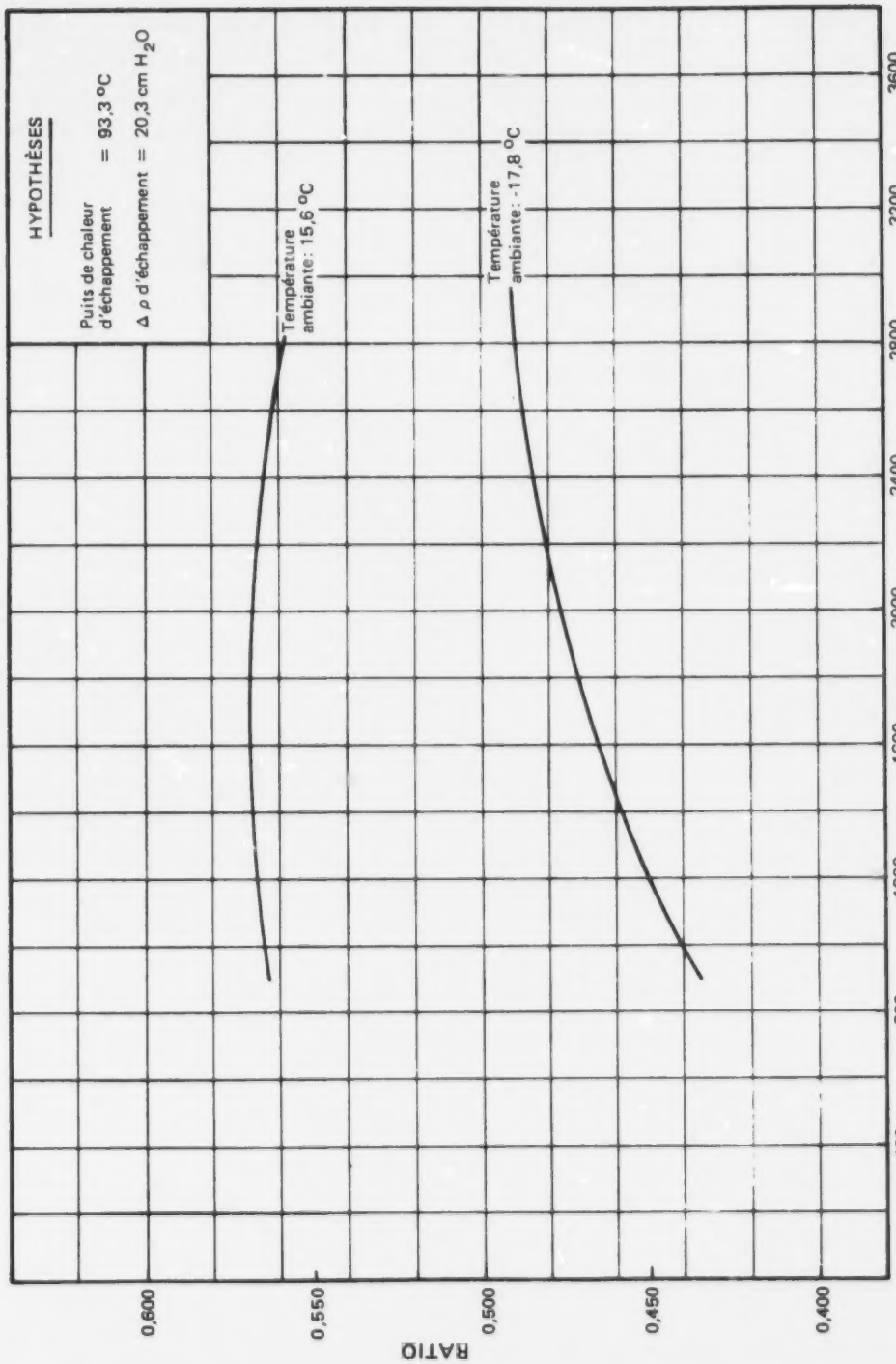


FIGURE A-3 RAPPORT CHALEUR PERDUE/COMBUSTIBLE CONSOMMÉ EN FONCTION DE LA PRODUCTION DE LA TURBINE SOLAR CENTAUR (kW)

TABLEAU A-1 CHALEUR PRODUITE PAR LA TURBINE CENTAUR

Charge kW	Air d'alimentation à 16 °C (60 °F)		Air d'alimentation à 18 °C (°F)	
	Consommation de combustible 10^5 kcal/h	Ratio kcal/kWh	Consommation de combustible 10^5 kcal/h	Ratio kcal/kWh
700	51,98	7414,1	54,80	7828,4
1050	58,48	5569,6	61,41	5847,2
1400	65,89	4701,8	68,85	4917,5
1750	74,27	4243,8	77,17	4409,5
2100	83,67	3984,4	86,47	4117,7
2450	94,29	3848,6	96,94	3956,7
2618	99,84	3813,5	N/A	N/A
2800	N/A	N/A	108,64	3880,0
Moyenne	-	4797,3	-	4994,0

Économies moyennes en combustible par kW = 4994,0 - 4797,3 = 196,7 kcal/kWh

Connaissant les économies de kcal/h par kilowatt produit, les charges moyennes prévues pour Barrow de 1982 à 2001, et sachant que le gaz naturel a une valeur calorifique de 8905 kcal/m^3, il est possible d'évaluer les économies annuelles en combustible. Voir à ce sujet le tableau A-2; il indique des économies totales de combustible pour la période considérée de 13,4 millions de mètres cubes de gaz naturel.

Le tableau A-2 indique également les économies annuelles et cumulatives en combustible, fondées sur un coût de $120,76 par millier de mètres cubes de gaz naturel. En tenant compte du caractère approximatif des estimations fournies dans la section intitulée "Considérations économiques", une analyse de rentabilité rudimentaire de la technique du préchauffage de l'air de la turbine peut être effectuée dans la même optique que l'étude des scénarios d'utilisation de la chaleur perdue.

TABLEAU A-2 ÉCONOMIES DE COMBUSTIBLE RÉALISÉES GRÂCE AU PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR D'ALIMENTATION DE LA TURBINE

Année	Charge moyenne en kW	Combustible économisé en Mm^3*	Dollars économisés @ \$120,76/Mm^3**
1982	2310	446 992,5	53 980
1983	2404	465 581,8	56 177
1984	2577	498 657,8	60 220
1985	2672	517 040,6	62 440
1986	2800	541 809,1	65 431
1987	2896	560 385,4	67 674
1988	3030	586 314,8	70 806
1989	3180	615 340,3	74 311
1990	3316	641 656,7	77 489
1991	3389	655 782,5	79 195
1992	3593	695 257,1	83 962
1993	3670	710 156,9	85 761
1994	3775	730 474,7	88 215
1995	3894	753 501,6	90 996
1996	3967	767 627,3	95 702
1997	4181	809 037,0	97 702
1998	4270	826 258,8	99 782
1999	4362	844 061,1	101 932
2000	4454	861 863,4	104 082
2001	4550	880 489,7	106 325
Totaux		13 407 839,0	\$ 1 619 178

* Base: 196,7 kcal/kWh x 1000 cal/kcal x 8760 h/année x $\frac{0{,}11230\ m^3}{10^6\ cal}$

** Dollars de la mi-1981

Le tableau A-3 évalue les coûts en capital du préchauffage au moyen d'une solution de glycol pompé vers les serpentins de chauffage de l'air d'alimentation, depuis le circuit du condenseur refroidi à l'air de l'ORC; on peut également capter la chaleur d'échappement disponible en utilisant de petites unités de récupération de la chaleur.

TABLEAU A-3 COÛTS DU MATÉRIEL DE PRÉCHAUFFAGE

Article	Coût estimatif de l'installation ($)
Dispositif de récupération de la chaleur, par turbine à gaz incluant les conduites et les soupapes	95 000
Utilisation de la chaleur du condenseur de l'ORC:	
Pompes, conduites et accessoires	40 000
Serpentins et enceintes en tôle	90 000
Système électrique	25 000
Utilisation de la chaleur d'échappement:	
Échangeurs de chaleur et accessoires	40 000
Pompes et conduites de distribution	120 000
Système électrique	30 000

À partir des coûts figurant au tableau A-3, les coûts séparés par article peuvent être totalisés pour chaque option de préchauffage, tel qu'indiqué au tableau A-4; le préchauffage pour la chaleur d'échappement devrait nécessiter trois dispositifs de récupération de la chaleur.

TABLEAU A-4 ÉVALUATION DES COÛTS DU PRÉCHAUFFAGE*

Source de chaleur	Coût estimatif de l'installation ($)	15 % pour les coûts d'ingénierie de construction et de gestion ($)	20 % pour les imprévus ($)	Coût estimatif total ($)
ORC:				
Condenseur	155 000	25 000	31 000	211 000
GAZ:				
Chaleur d'échappement de la turbine à gaz	475 000	70 000	95 000	640 000

Note: tous les montants sont arrondis à $5000 près

Le tableau A-5 résume l'analyse de rentabilité de chacune des deux options de préchauffage.

La conclusion qui peut être tirée du tableau A-5 est que le système de récupération de la chaleur perdue d'une turbine à gaz pour le préchauffage de l'air d'alimentation est plus intéressante en elle-même que les trois scénarios analysés plus haut, et présente un rapport coûts-avantages plus élevé que ceux figurant au tableau 6. De plus, si l'un des scénarios est appliqué, l'emploi de la chaleur perdue du condenseur de l'ORC pour le préchauffage de l'air d'alimentation de la turbine à gaz présente un rapport coûts-avantages très élevé, soit presque 7,67. Pour ces raisons, le préchauffage de l'air de la turbine à gaz est recommandé indépendamment de toute mise en application des scénarios d'utilisation de la chaleur perdue; il serait possible de tirer le plus grand profit de ce système en l'utilisant conjointement avec le scénario qui sera retenu par le NSB.

TABLEAU A-5 RAPPORT COÛTS-AVANTAGES DU PRÉCHAUFFAGE

Source de chaleur	Économies totales en combustible ($)	Coût total en capital ($)	Rapport coûts-avantages
ORC: Condenseur	1 619 178	211 000	7,67
GAZ: Chaleur d'échappement de la turbine à gaz	1 619 178	640 000	2,53

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier en particulier: M. Kent Grinage, du North Slope Borough Department of Public Utilities, qui nous a dirigé au cours de cette étude, M. Richard Drake, de Mechanical Technology Incorporated, pour son étroite collaboration et pour la communication d'une base de données qui nous a été utile, ainsi que M. Gary Mitchell de Solar Turbines Inc. (Anchorage) pour son amabilité et son aide; M. Mitchel nous a également permis d'utiliser un programme sur le rendement d'une turbine Centaur, ce qui a beaucoup simplifié notre travail de cueillette des données.

PERTES DE CHALEUR DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE CENTRAL DE FORT WAINWRIGHT

Gary E. Phetteplace
U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory
Hanover, NH

INTRODUCTION

Fort Wainwright, situé près de Fairbanks (Alaska) est la base militaire américaine la plus importante en climat extrêmement froid. Les températures hivernales, qui descendent souvent jusqu'à -40 °F* peuvent, à l'occasion, dépasser les - 50 °F. Dans de telles conditions, le chauffage ne peut plus être considéré comme un luxe, il est une véritable nécessité. L'alimentation en énergie de chauffage doit être continue et fiable. Même une courte interruption de quelques heures peut faire baisser la température intérieure au-dessous du point de congélation.

Fort Wainwright, comme beaucoup d'importantes bases militaires, possède une centrale produisant de la chaleur et de l'électricité pour répondre aux besoins de toute la base, à l'exception de certains bâtiments éloignés qui sont chauffés par d'autres moyens. Le présent document traite des pertes de chaleur du système de distribution de chaleur de Fort Wainwright.

À Fort Wainwright, en hiver, les pertes de chaleur du réseau souterrain de distribution de la chaleur empêchent la neige de s'accumuler à la surface, sauf pendant les périodes les plus froides. Il n'est pas rare, à la fin de l'hiver, de voir des enfants jouer au baseball sur les zones dénudées, au-dessus des utilidors souterrains. Après avoir constaté la présence de ces zones au-dessus de presque toutes les sections du réseau souterrain, il est difficile de croire que les pertes de chaleur sont insignifiantes.

La figure 1 illustre le débit de vapeur de la centrale thermique de Fort Wainwright, pendant une période de 4 ans. Les données sur les degrés-jours de chauffage pour cette période sont également indiquées à la figure 1. Le degré-jour est une mesure des besoins de chauffage et, comme on peut l'imaginer, le débit de vapeur de la centrale suit de près les données en degrés-jours. La seule différence intervient pendant les mois d'été, lorsque la demande en chaleur est faible ou inexistante. Une partie de cette différence est due au fait que l'eau chaude domestique est chauffée par la vapeur du système de chauffage central; la charge qui en résulte est donc relativement constante. Étant donné le nombre de résidents et d'employés de la base, le chauffage de l'eau chaude domestique ne pourrait certainement pas représenter plus de 5 p. 100 de la charge maximale du système. Les 20 p. 100 restants sont attribuables en grande partie aux pertes de chaleur du réseau de canalisations. Ces pertes seront étudiées de près ci-dessous.

DISTRIBUTION DE LA CHALEUR À FORT WAINWRIGHT

La vapeur à la sortie des turbines à 100 lb/po^2 (en réalité, on a utilisé récemment de la vapeur à 90 lb/p^2) est distribuée à presque tous les bâtiments de la base pour le chauffage des locaux et les besoins en eau chaude domestique. Dans 85 à 90 p. 100 des

* °F x 0,555 (°F - 32) = °C

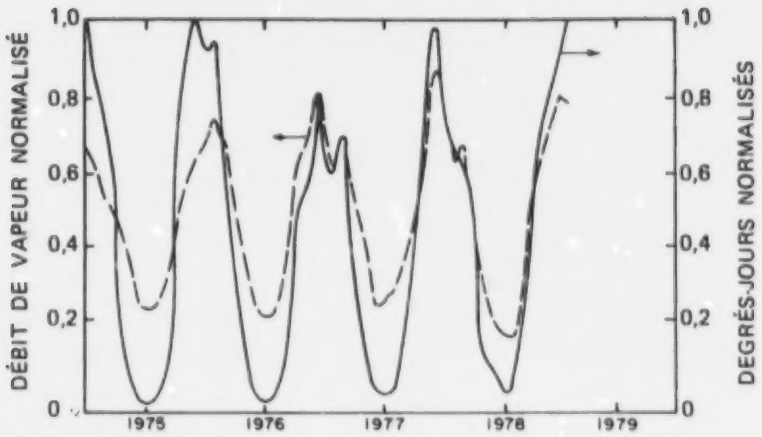


FIGURE 1 DONNÉES SUR LE DÉBIT DE VAPEUR ET LES DEGRÉS-JOURS - CENTRALE THERMIQUE DE FORT WAINWRIGHT

bâtiments, la vapeur sert directement au chauffage des locaux après être passée dans un détenteur. Les autres bâtiments ont des systèmes de chauffage à l'eau chaude et un échangeur de chaleur eau-vapeur.

Le système de distribution lui-même consiste principalement en conduites d'acier isolées dans les utilidors. Il y a plusieurs exceptions où les conduites sont directement enfouies dans le sol. La taille des utilidors varie de 1 pi x 1 pi (dimensions intérieures) à 7 pi x 9 pi*. Dans le cas des plus gros utilidors, il est facile de pénétrer à l'intérieur pour assurer l'entretien des conduites. La longueur totale du système de distribution est d'environ 28 milles* et la profondeur d'enfouissement varie de 2 à 6 pi.

Presque toutes les conduites sont isolées, mais une grande partie de l'isolation a été endommagée au cours d'une inondation en août 1967. Une partie de l'isolant endommagé a été remplacé et dans d'autres cas, de l'isolant a été rajouté pour rétablir la résistance thermique.

Des plans complets du système de chauffage central de Fort Wainwright ont été mis à jour en 1977 et sont donc très précis. À partir de ces plans, nous avons déterminé la longueur et le diamètre de chaque segment de conduite et nous avons mis en tableau ces données selon la catégorie appropriée de taille d'utilidors et de conduites. À partir de là, nous avons déterminé la longueur totale de chaque réseau d'utilidors, la taille de la conduite d'alimentation et celle de la conduite de retour. Au total, il y avait plus de 200 combinaisons différentes.

---

* $lb/po^2 \times 703{,}0696 = kg/m^2$
pi x 0,3948 = m
mi x 1,609 = km

PERTES DE CHALEUR DES UTILIDORS

L'analyse des pertes de chaleur des utilidors n'est pas un problème simple. La chaleur s'échappe des conduites chauffées en passant par une série de résistances thermiques, jusqu'à l'air à la surface du sol. Les pertes de chaleur ont lieu par:

1. Transfert de chaleur par convection du fluide en circulation vers la surface interne de la conduite.
2. Transfert de chaleur par conduction à travers la paroi de la conduite, vers sa surface extérieure.
3. Transfert de chaleur par conduction à travers l'isolant vers la surface externe.
4. Transfert combiné de chaleur par convection, conduction et rayonnement de la surface isolée, vers la paroi interne de l'utilidor.
5. Transfert de chaleur par conduction à travers la paroi de l'utilidor.
6. Transfert de chaleur par conduction à travers le sol, vers la surface.
7. Transfert de chaleur par convection, jusqu'à l'air à la surface du sol.

Heureusement, les résistances 1, 2 et 7 sont très faibles par rapport aux autres et peuvent être négligées avec un risque minime d'erreur. Par contre, la résistance 4 est très complexe. Elle sera présentée de façon simplifiée.

Considérons le cas le plus complexe: une conduite de vapeur et de condensat est à l'intérieur du même utilidor. (En réalité, il arrive que plusieurs conduites de vapeur et de condensat passent dans un même utilidor. Dans ce cas, les conduites d'alimentation et de retour sont considérées comme des paires, et les conduites supplémentaires comme des conduites simples. Les pertes de chaleur totales sont alors supposées égaler la somme des pertes de toutes les conduites.) Le flux de chaleur global des conduites de chaleur est:

$$q = \frac{Q}{L} = U_o (T_s - T_g) \qquad (1)$$

où: q = déperdition de chaleur globale par unité de longueur (Btu/h . pi)*
Q = déperdition de chaleur globale du sous-système (Btu/h)*
L = longueur du sous-système (pi)
U_o = valeur U globale du sous-système (Btu/h . pi . °F)*
T_s = température de la vapeur (°F)
T_g = température à la surface du sol (°F).

La valeur globale de conductance U_o est simplement:

$$U_o = 1/R_o \qquad (2)$$

où R_o est la résistance thermique globale (h . pi . °F/Btu).

---

* Btu/h . pi . x 0,9616 = W/m
Btu/h x 0,2931 = W
Btu/h . pi . °F x 1,7307 = W (m . °C)

Étant donné que le flux de chaleur est essentiellement un phénomène de séries, nous pouvons simplement additionner les résistances individuelles au flux de chaleur pour obtenir la résistance globale au flux de chaleur R_o:

$$R_o = R_{ei} + R_{ea} + R_u + R_s \tag{3}$$

où: R_{ei} = résistance thermique effective de l'isolant des conduites (h . pi . °F/Btu)
R_{ea} = résistance thermique effective de l'air dans l'utilidor (h . pi . °F/Btu)
R_u = résistance thermique de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)
R_s = résistance thermique du sol environnant (h . pi . °F/Btu).

Pour déterminer la résistance thermique effective de l'isolant (R_{ei}), il faut considérer les pertes de chaleur parallèles de chacune des conduites à travers l'isolant. La somme des deux flux de chaleur sera égale au flux de chaleur total q:

$$q = \frac{T_s - T_{si}}{R_{si}} + \frac{T_c - T_{ci}}{R_{ci}} \tag{4}$$

où: T_{si} = température de la surface externe de l'isolant de la conduite de vapeur (°F)
T_{ci} = température de la surface externe de l'isolant de la conduite du condensat (°F)
R_{si} = résistance thermique de l'isolant de la conduite de vapeur (h . pi . °F/Btu)
R_{ci} = résistance thermique de l'isolant de la conduite de condensat (h . pi . °F/Btu)
T_c = température du retour de condensat de gaz (°F).

Le flux total de chaleur peut aussi s'exprimer de la façon suivante:

$$q = \frac{1}{R_{ei}} (T_s + T_{si}) \tag{5}$$

En combinant les équations 4 et 5, la résistance thermique effective de l'isolant des conduites est la suivante:

$$R_{ei} = \frac{1}{\frac{1}{R_{si}} + \frac{T_c - T_{ci}}{T_s - T_{si}} \frac{1}{R_{ci}}} \tag{6}$$

La résistance de l'isolant des conduites individuelles peut être calculée comme suit (Holman, 1972):

$$R_{si} = \frac{\ln \left[(D_s + 2X_{si})/D_s \right]}{2\pi k_i} \tag{7}$$

et

$$R_{ci} = \frac{\ln\left[(D_c + 2X_{ci})D_c\right]}{2\pi k_i} \qquad (8)$$

où: D_s = diamètre externe de la conduite de vapeur (pi)
X_{si} = épaisseur de l'isolant de la conduite de vapeur (pi)
k_i = conductivité thermique de l'isolant (Btu/h . pi . °F)
D_c = diamètre externe de la conduite de condensat de gaz (pi)
X_{ci} = épaisseur de l'isolant de la conduite du condensat de gaz (pi).

La conductivité thermique de l'isolant est normalement fonction de sa température moyenne. Dans le cas de l'isolation au silicate de calcium et d'après les données de Crocker et King (1967), cette fonction est exprimée par:

$$k_i = 0{,}0221 + 4{,}13 \times 10^{-5} T_{mi} \qquad (9)$$

où T_{mi} est la température moyenne de l'isolant des conduites. La température de l'isolant de la conduite de vapeur est:

$$T_{mi} = (T_s + T_{si})/2 \qquad (10)$$

Celle de l'isolant de la conduite du condensat de gaz:

$$T_{mi} = (T_c + T_{ci})/2 \qquad (11)$$

Il faut maintenant déterminer la résistance effective de l'air, R_{ea}. Considérons d'abord l'équation du flux de chaleur pour la couche d'air:

$$q = (1/R_{sa})(T_{si} - T_{ui}) + (1/R_{ca})(T_{ci} - T_{ui}) \qquad (12)$$

où: R_{sa} = résistance thermique entre la surface isolée de la conduite de vapeur et la paroi interne de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)
R_{ca} = résistance thermique entre la surface isolée de la conduite du condensat de gaz et la paroi interne de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)
T_{ui} = température de la paroi interne de l'utilidor (°F).

Le flux de chaleur peut aussi être exprimé en fonction de la résistance thermique effective de l'air, R_{ea}:

$$q = 1/R_{ea}\,(T_{si} - T_{ui}) \qquad (13)$$

En combinant les équations 12 et 13, nous trouvons:

$$R_{ea} = \frac{1}{\frac{1}{R_{sa}} + \frac{1}{R_{ca}}\frac{(T_{ci} - T_{ui})}{(T_{si} - T_{ui})}} \qquad (14)$$

Nous devons également définir les résistances thermiques individuelles causées par la couche d'air, R_{sa} et R_{ca}. Comme nous l'avons mentionné plus haut, le processus du transfert de chaleur dans l'atmosphère s'effectue à la fois par convection, conduction et rayonnement. Une analyse complète dépasse le cadre de cette étude. Par conséquent, nous considérons la couche d'air comme un milieu conducteur et nous déterminerons la valeur de la conductivité thermique effective de ce milieu (k_{ea}), à partir des corrélations publiées pour le transfert de chaleur des anneaux concentriques.

Pour considérer le milieu conducteur comme un espace annulaire, nous devons d'abord déterminer le "diamètre" de l'utilidor rectangulaire. Le diamètre effectif D_{eu} est le diamètre d'un utilidor circulaire qui aurait la même superficie interne que l'utilidor rectangulaire réel:

$$D_{eu} = \frac{2}{\pi} (X_u + Y_u) \tag{15}$$

où: X_u est la largeur de l'utilidor (pi) et Y_u sa hauteur (pi).

La conductivité thermique effective de l'air dans le milieu conducteur est établie approximativement par Grober et coll. (1961), dans l'équation suivante:

$$k_{ea} = 0{,}40 (N_G N_P)^{0{,}20} \cdot k_a \tag{16}$$

dans l'intervalle de variation $10^6 < N_G N_P < 10^9$,

où: k_{ea} = conductivité thermique effective de l'air (Btu/h . pi . °F)
N_G = nombre de Grashof (sans dimension)
N_P = nombre de Prandtl (sans dimension)
k_a = conductivité thermique de l'air (Btu/h . pi . °F).

La conductivité thermique de l'air k_a est une fonction de sa température et peut être établie approximativement de la façon suivante:

$$k_a = 0{,}01319 + 2{,}5 \times 10^{-5} T_a \tag{17}$$

où T_a est la température du volume d'air dans l'anneau (°F).

Le nombre de Prandtl de l'air, N_P, est aussi une fonction de la température de l'air et peut être déterminé approximativement de la façon suivante:

$$N_P = 0{,}7185 - 1{,}275 \times 10^{-4} T_a \tag{18}$$

La température de l'air, T_a, peut être déterminée par la moyenne de la température de la surface d'isolation effective T_{ei} et la température de la surface interne de l'utilidor T_{ui}:

$$T_a = (T_{ei} + T_{ui})/2 \tag{19}$$

La température de la surface d'isolation effective est donnée comme la moyenne pondérée des températures des surfaces isolées des conduites du condensat de gaz et de la vapeur:

$$T_{ei} = \frac{T_{si}(D_s + 2X_{si}) + T_{ci}(D_c + 2X_{ci})}{D_s + 2X_{si} + D_c + 2X_{ci}} \qquad (20)$$

Le nombre de Grashof N_G donné dans l'équation 16 s'exprime dans ce cas de la façon suivante:

$$N_G = \frac{g(T_{ei} - T_{ui})(\delta^3)}{(T_a + 459,7)(\nu_a)^2} \qquad (21)$$

où: g = constante de gravitation (pi/s^2)
δ = épaisseur effective de la couche d'air (pi)
ν_a = viscosité cinématique de l'air (pi^2/s).

L'épaisseur effective de la couche d'air δ est donnée par l'équation suivante:

$$\delta = \frac{D_{eu} - (D_s + 2X_{si} + D_c + 2X_{ci})}{2} \qquad (22)$$

La viscosité cinématique de l'air ν_a est aussi une fonction de la température de l'air T_a. Elle peut être établie approximativement de la façon suivante:

$$\nu_a = 1,26 \times 10^{-4} + 5,4 \times 10^{-7} T_a \qquad (23)$$

Maintenant que nous disposons de toutes les équations nécessaires pour évaluer la conductivité thermique effective de l'air k_{ea}, nous pouvons trouver la résistance thermique due à l'espace d'air:

$$R_{sa} = \frac{\ln\left[D_{eu}/(D_s + 2X_{si})\right]}{2\pi k_{ea}} \qquad (24)$$

pour la conduite de vapeur. En ce qui concerne la conduite du condensat:

$$R_{ca} = \frac{\ln\left[D_{eu}/(D_c + 2X_{ci})\right]}{2\pi k_{ea}} \qquad (25)$$

Nous devons maintenant déterminer la résistance thermique de l'utilidor lui-même. Elle peut s'exprimer de la façon suivante:

$$R_u = \frac{\Delta Y_u}{2(X_u + Y_u)k_u} \tag{26}$$

où ΔX_u est l'épaisseur de la paroi de l'utilidor (pi) et k_u la conductivité thermique des matériaux de l'utilidor (Btu/h . pi . °F).

Et, finalement, la dernière résistance thermique que nous devons définir est celle du sol:

$$R_s = 1/k_s S \tag{27}$$

où k_s est la conductivité thermique du sol (Btu/h . pi . °F) et S est le facteur forme de l'utilidor (sans dimension).

Pour un utilidor rectangulaire, le facteur forme S est représenté de la façon suivante (Holman, 1972):

$$S = 1{,}685 \left\{ \left[\log \left(1 + \frac{X_B}{X_u} \right) \right]^{-0{,}59} + \left(\frac{X_B}{X_u} \right)^{-0{,}078} \right\} \tag{28}$$

où X_B est la profondeur d'enfouissement de l'utilidor (pi).

Nous connaissons maintenant toutes les résistances thermiques qui apparaissent dans l'équation 3. À partir de là, nous pouvons calculer les pertes de chaleur de l'utilidor. Toutefois, la méthode de calcul n'est pas très simple.

Remarquons que tant la résistance thermique effective de l'isolant (R_{ei}) que la résistance thermique effective de l'atmosphère (R_{ea}), sont des fonctions de températures qui ne sont pas connues au début. Il nous faut donc résoudre ce problème par itération. D'abord, nous faisons des estimations concernant les températures inconnues. Nous utilisons ensuite la méthode décrite pour calculer le flux de chaleur q. À partir de là, nous pouvons calculer la température de la surface externe de l'utilidor T_{uo}:

$$T_{uo} = Tg + qR_s \tag{29}$$

La température de la surface interne de l'utilidor est donnée par l'équation suivante:

$$T_{ui} = T_{uo} + qR_u \tag{30}$$

Maintenant, nous devons calculer à nouveau les températures des surfaces isolées T_{si} et T_{ci}. Nous pouvons le faire en considérant un bilan thermique à la surface d'isolation et en utilisant la nouvelle valeur pour la température de la surface interne de l'utilidor T_{ui} que nous venons de calculer. Le bilan thermique fournit les équations suivantes:

$$T_{si} = \frac{T_s}{1 + (R_{si}/R_{sa})} + \frac{T_{ui}}{1 + (R_{sa}/R_{si})} \qquad (31)$$

et

$$T_{ci} = \frac{T_c}{1 + (R_{ci}/R_{ca})} + \frac{T_{ui}}{1 + (R_{ca}/R_{ci})} \qquad (32)$$

Nous pouvons alors utiliser ces nouvelles températures pour réévaluer la déperdition de chaleur q. Si le résultat est proche de la valeur calculée antérieurement, nous avons trouvé la réponse; s'il ne l'est pas, nous devons calculer à nouveau les températures et les pertes de chaleur. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que la valeur de la déperdition de chaleur se soit stabilisée et que la réponse soit trouvée. Une méthode semblable, mais plus simple, peut être appliquée au cas des conduites individuelles dans les utilidors.

Un programme informatisé a été élaboré pour appliquer cette méthode de calcul à un système complet de distribution de chaleur. La figure 2 présente l'organigramme de programmation.

Les avantages du recours à l'informatique pour ces calculs sont évidents. Tout en nous permettant de déterminer les pertes de chaleur de tout système de chauffage par utilidor, ce programme nous permet d'évaluer les modifications à apporter au système ou aux paramètres d'exploitation pour déterminer leurs effets. Dans la section suivante, nous examinerons le cas du système de distribution de chaleur de Fort Wainwright. Nous étudierons les résultats des calculs ainsi que les modifications et leurs effets.

RENDEMENT DU SYSTÈME ET AMÉLIORATIONS POSSIBLES

À l'aide d'un programme informatique utilisant la méthode précédemment décrite, nous avons trouvé que la déperdition de chaleur totale du système de distribution était de 2045×10^5 MBtu/année. Ce qui nous permet d'utiliser la température annuelle moyenne de l'air, 25,7 °F, comme valeur de température à la surface du sol. Cela suppose que toutes les conduites sont isolées au moyen d'un pouce* d'isolant au silicate de calcium.

Les pertes de chaleur du réseau d'utilidors varient en fait au cours de l'année, à cause des fluctuations de la température à la surface du sol. La figure 3 montre les variations de la température de l'air lors d'une année moyenne, ainsi que les répercussions sur la déperdition de chaleur. Les températures retenues sont les températures mensuelles moyennes de l'air dans la région de Fairbanks.

Dans un cas plus précis, l'année 1978, comparons la déperdition de chaleur avec la chaleur fournie au système de distribution. À partir des données sur la vapeur, nous trouvons que l'enthalpie de la vapeur à 350 °F et une pression absolue de 105 lb/po^2 (pression relative ≈ 90 lb/po^2) est de 1204,5 Btu/lbm*. De même, l'enthalpie du condensat

* Btu/lb x 2,326 = kJ/kg

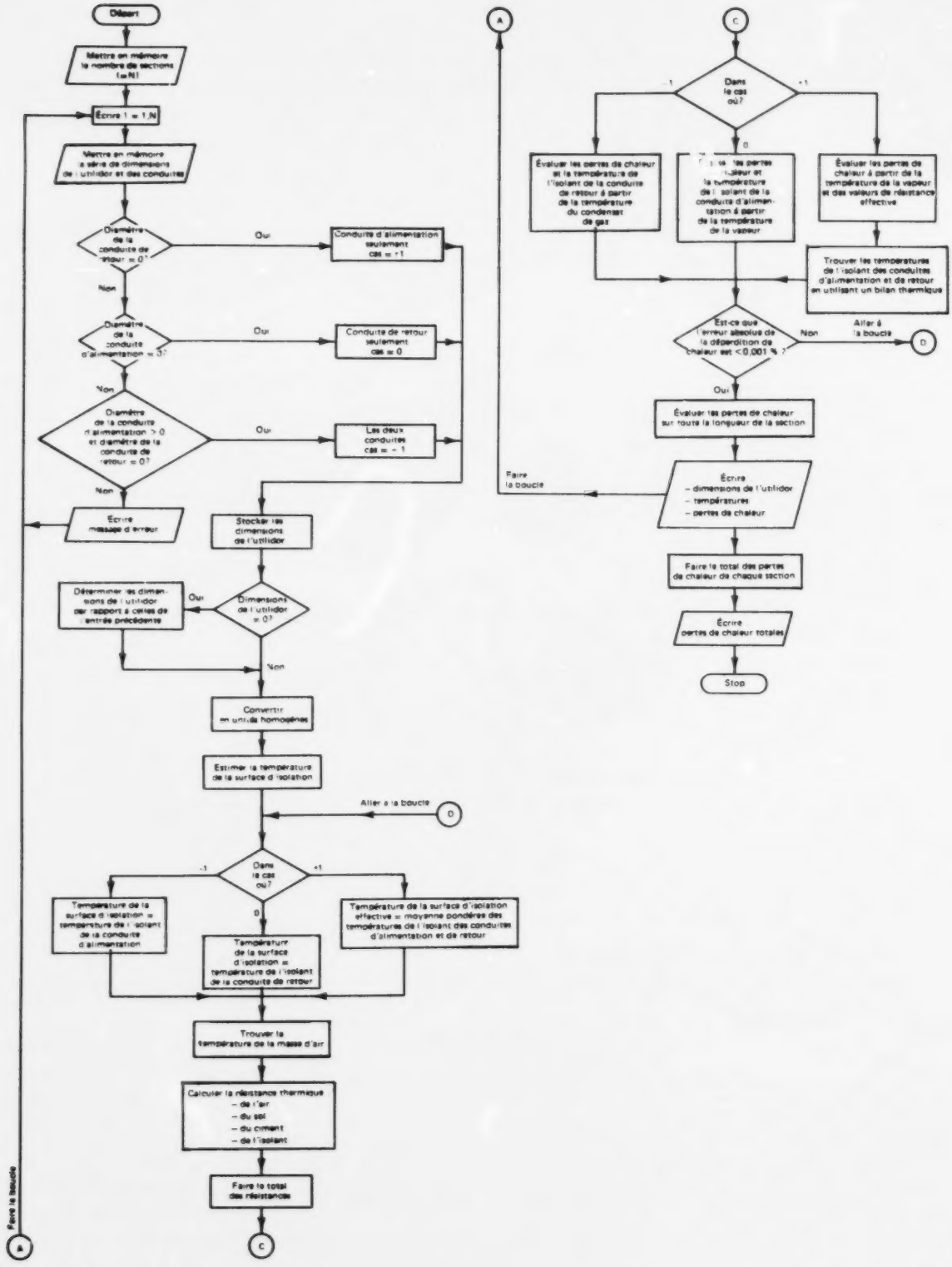


FIGURE 2 ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION

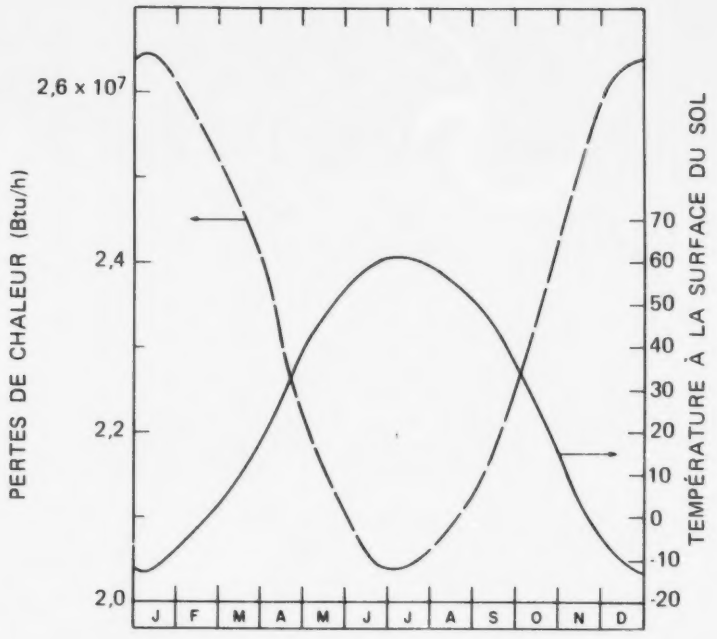


FIGURE 3 TEMPÉRATURES À LA SURFACE DU SOL ET PERTES DE CHALEUR LORS D'UNE ANNÉE MOYENNE

de gaz est de 118 Btu/lbm. La différence entre ces deux valeurs représente l'énergie thermique produite par livre-masse de vapeur, soit 1086,5 Btu/lbm. Le tableau 1 résume l'apport de la centrale au système ainsi que les pertes calculées.

Le pourcentage estimé de pertes de chaleur pendant le mois d'août est deux fois plus élevé qu'au mois de janvier; on se fonde, dans chaque cas, sur la chaleur disponible à la sortie de la centrale. Cela est dû aux faibles fluctuations de la déperdition de chaleur au cours du cycle annuel, alors que le débit de vapeur provenant de la centrale varie dans une plus grande proportion. Si nous normalisons chacune de ces données en les divisant par la valeur la plus élevée de l'année, cet effet est clairement illustré. La figure 4 donne la quantité normalisée de chaleur disponible à la sortie de la centrale, ainsi que la quantité normalisée de chaleur perdue en 1978.

Tel que mentionné précédemment, la déperdition de chaleur pour une année moyenne est d'environ 2045 x 10^5 MBtu. En 1979, le coût du chauffage à Fort Wainwright était d'environ $4,60/MBtu. Ainsi, la part des pertes de chaleur est d'environ $940 000. Avec la hausse des coûts énergétiques, cette somme dépassera bientôt le million de dollars par année. Considérons maintenant certaines améliorations possibles au système et leur incidence sur les pertes de chaleur.

La méthode la plus directe pour réduire les pertes de chaleur consiste à accroître l'isolation des conduites. Il s'agit cependant d'une solution très onéreuse. Nous n'essaierons pas d'évaluer le coût d'un isolant plus épais, mais nous fournirons des données sur les effets anticipés concernant les pertes de chaleur. Le tableau 2 donne les résultats de plusieurs séries de calculs avec diverses épaisseurs d'isolant. On trouvera aussi les volumes et les augmentations par rapport aux quantités actuelles.

TABLEAU 1 CHALEUR DISPONIBLE À LA SORTIE DE LA CENTRALE ET PERTES DE CHALEUR AU COURS DE L'ANNÉE 1978

Mois	Nombre de jours	Vapeur disponible (klbm)*	Taux moyen de chaleur disponible (MBtu/h)*	Température moyenne de l'air (°F)*	Taux des pertes de chaleur (MBtu/h)*	Chaleur perdue exprimée par rapport au taux de chaleur disponible (%)	Taux normalisé de chaleur disponible (%)	Taux normalisé de chaleur perdue (%)
Janv.	31	151 633	221,4	0,1	25,4	11,5	100,0	100,0
Fév.	28	125 540	203,0	3,9	25,1	12,4	91,7	98,8
Mars	31	127 576	186,3	14,0	24,3	13,0	84,1	95,7
Avril	30	100 559	151,7	34,8	22,6	14,9	68,5	89,0
Mai	31	73 412	107,2	50,2	21,3	19,9	48,4	83,9
Juin	30	63 516	95,8	54,6	21,0	21,9	43,3	82,7
Juillet	31	59 134	86,4	63,5	20,2	23,4	39,0	79,5
Août	31	57 309	83,7	59,9	20,6	24,6	37,8	81,1
Sept.	30	66 324	100,1	46,8	21,6	21,6	45,2	85,0
Oct.	31	107 812	157,4	23,3	23,5	14,9	71,1	92,5
Nov.	30	125 039	188,7	8,6	24,7	13,1	85,2	97,2
Déc.	31	137 622	201,0	3,3	25,2	12,5	90,8	99,2
Total	365	1 195 517	-	-	-	-	-	-
Moyenne	30,4	99 626	148,6	30,2	23,0	15,5	67,1	90,4

* lb x 0,4536 = kg
Btu/h x 0,2931 = W
°F x 0,555 (°F - 32) = °C

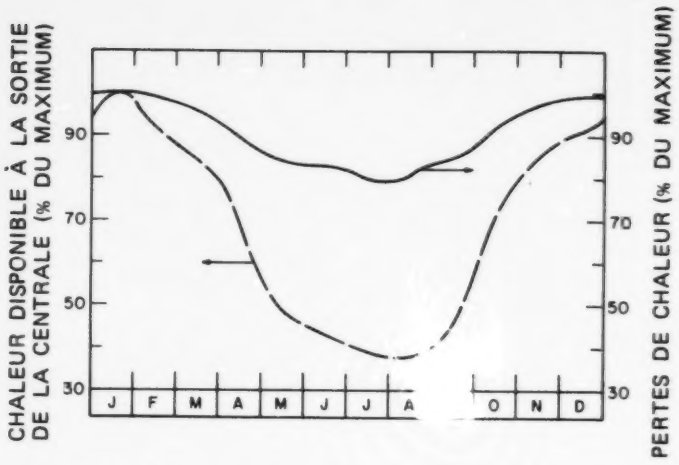


FIGURE 4 QUANTITÉS NORMALISÉES DE CHALEUR DISPONIBLE À LA SORTIE DE LA CENTRALE ET DE CHALEUR PERDUE

Les économies de chaleur par unité d'isolation ajoutée sont données dans la dernière colonne du tableau 2. Ces quantités, conjointement aux coûts de l'isolation, permettront de comparer les économies dans chaque cas. Selon le tableau, le cas 2 est le plus intéressant. Les économies de chaleur par unité d'isolation ajoutée sont aussi relativement élevées dans le cas 4. Dans les deux cas, seules les conduites de vapeur se sont vues ajouter de l'isolant.

Une autre possibilité consiste à isoler seulement les conduites comprises dans les plus grands utilidors. L'accès à ces conduites serait facilité puisqu'il est possible d'entrer dans ces utilidors, contrairement aux plus petits qu'on doit d'abord dégager; les économies réalisées seraient intéressantes. Le tableau 3 fournit des résultats semblables au tableau 2, mais seules les conduites placées dans des utilidors de 3 1/2 pi x 3 1/2 pi ou plus ont bénéficié d'un surplus d'isolant.

Comme auparavant, le cas n° 2 est toujours le plus intéressant et le cas 4 suit immédiatement. Remarquons aussi que, dans chaque cas, les économies d'énergie par unité d'isolation ajoutée sont plus élevées que lorsque toutes les conduites sont dotées d'un surplus d'isolant. Ceci, ajouté au fait que des conduites placées dans de gros utilidors devraient être plus faciles à isoler, nous amène à désigner le cas 2 comme la meilleure méthode. De plus, les conduites à diamètre élevé étant en elles-mêmes plus faciles à isoler, cela entraînerait des coûts d'isolation encore plus bas.

Une autre méthode qui pourrait contribuer à réduire les pertes de chaleur consiste à abaisser la température de distribution de la vapeur. Actuellement, la vapeur a une pression relative d'environ 90 lb/po^2 et une température de 375 °F, bien que la température de saturation de la vapeur à 90 lb/po^2 soit d'environ 331 °F. Ainsi, la vapeur a environ 44 °F en sus. Si la quantité de chaleur en excès, la pression de la distribution, ou les deux, étaient réduites (c.-à-d. si la pression de saturation de la vapeur baissait), les pertes de chaleur pourraient aussi être réduites. Cette possibilité a été étudiée seulement pour déterminer quelles seraient les pertes de chaleur pour une température donnée de vapeur. La figure 5 montre l'effet de la température de la vapeur sur la déperdition de chaleur totale du système.

TABLEAU 2 EFFET DE L'ACCROISSEMENT DE L'ÉPAISSEUR D'ISOLANT DANS TOUTES LES CONDUITES

Cas	Épaisseur de l'isolant de la conduite de vapeur (po)	Épaisseur de l'isolant de la conduite de condensat de gaz (po)	Pertes de chaleur totales (MBtu/année)	Variation des pertes de chaleur (MBtu/année)	Volume total de l'isolant (pi^3)	Variation du volume de l'isolant (pi^3)	Économies de chaleur par unité d'isolation ajoutée MBtu/année.pi^3
Référence	1	1	$2,045 \times 10^5$	–	$1,202 \times 10^5$	–	–
1	1	2	$1,920 \times 10^5$	$- 1,25 \times 10^4$	$1,788 \times 10^5$	$5,860 \times 10^4$	0,2133
2	2	1	$1,551 \times 10^5$	$- 4,940 \times 10^4$	$1,817 \times 10^5$	$6,150 \times 10^4$	0,8033
3	2	2	$1,430 \times 10^5$	$- 6,150 \times 10^4$	$2,403 \times 10^5$	$1,201 \times 10^5$	0,5121
4	3	1	$1,317 \times 10^5$	$- 7,280 \times 10^4$	$2,432 \times 10^5$	$1,230 \times 10^5$	0,5919
5	3	2	$1,198 \times 10^5$	$- 8,470 \times 10^4$	$3,019 \times 10^5$	$1,817 \times 10^5$	0,4662

* po x 25,4 = mm
Btu x 1,055 = kJ
pi^3 x 0,02832 = m^3

TABLEAU 3 EFFET DE L'ACCROISSEMENT DE L'ÉPAISSEUR D'ISOLANT DES CONDUITES PLACÉES DANS UN UTILIDOR DE 3 1/2 pi X 3 1/2 pi OU PLUS*

Cas	Épaisseur de l'isolant de la conduite de vapeur (po)	Épaisseur de l'isolant de la conduite de condensat de gaz (po)	Pertes de chaleur totales (MBtu/année)	Variation des pertes de chaleur (MBtu/année)	Volume total de l'isolant (pi^3)	Variation du volume de l'isolant (pi^3)	Économie de chaleur par unité d'isolation ajoutée (MBtu/année.pi^3)
Référence	1	1	$2{,}045 \times 10^5$	–	$1{,}202 \times 10^5$	–	–
1	1	2	$1{,}940 \times 10^5$	$-1{,}050 \times 10^4$	$1{,}649 \times 10^5$	$4{,}470 \times 10^4$	0,2349
2	2	1	$1{,}621 \times 10^5$	$-4{,}240 \times 10^4$	$1{,}677 \times 10^5$	$4{,}750 \times 10^4$	0,8926
3	2	2	$1{,}518 \times 10^5$	$-5{,}270 \times 10^4$	$2{,}125 \times 10^5$	$9{,}230 \times 10^4$	0,5710
4	3	1	$1{,}419 \times 10^5$	$-6{,}260 \times 10^4$	$2{,}152 \times 10^5$	$9{,}500 \times 10^4$	0,6589
5	3	2	$1{,}317 \times 10^5$	$-7{,}280 \times 10^4$	$2{,}600 \times 10^5$	$1{,}398 \times 10^5$	0,5207

* po x 25,4 = mm
pi x 0,3048 = m
Btu x 1,055 = kJ
pi^3 x 0,02832 = m^3

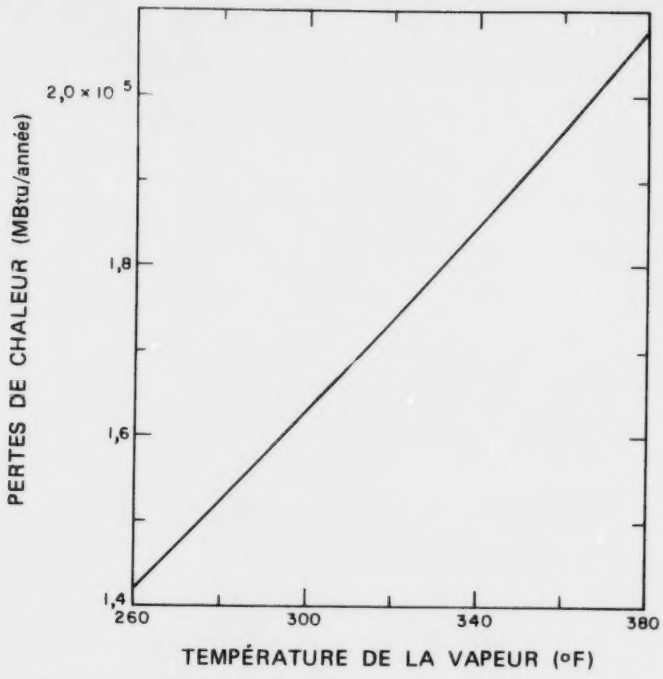


FIGURE 5 PERTES DE CHALEUR DU RÉSEAU D'UTILIDORS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR

Nous pensons que l'isolation des conduites de vapeur dans les utilidors plus gros et l'abaissement de la température de la vapeur permettraient de réduire efficacement les pertes de chaleur du système de Fort Wainwright. Bien qu'il y ait d'autres possibilités, elles ne seront pas étudiées ici. Ces deux méthodes entraîneront les économies de coûts suivantes:

1. Isolation supplémentaire. Selon les données d'entrée limitées dont nous disposons, l'option la plus avantageuse consisterait à ajouter environ un pouce d'isolant aux conduites de vapeur seulement. En utilisant 10 p. 100 comme valeur temps de l'argent et 5 p. 100 comme taux de hausse du prix du charbon (voir U.S. Army Corps of Engineers, 1978), nous pouvons calculer la valeur actuelle des économies de chaleur résultant de l'ajout d'isolant. Dans le cas 2 du tableau 2 (ajout d'un pouce d'isolant aux conduites de vapeur seulement), la réduction des pertes de chaleur est de $4{,}94 \times 10^4$ MBtu/année. En 1979, le coût de la chaleur à Fort Wainwright était de $4,60/MBtu (d'après Flanders et Coutts, en préparation). De ce montant, $2,10 par MBtu servent à payer le combustible et les $2,50 restants sont attribuables aux coûts de propriété, d'exploitation et d'entretien. Si nous supposons que l'isolant supplémentaire aura une vie utile de 20 années, la valeur actuelle des économies de chaleur est de $2 307 700*; les facteurs de multiplication (12,11 et 8,51)

* $PV = 4{,}94 \times 10^4 \text{ MBtu} \left[\left(2{,}10 \frac{\$}{\text{MBtu}} \times 12{,}11\right) + \left(2{,}50 \frac{\$}{\text{MBtu}} \times 8{,}51\right)\right]$

sont des facteurs de valeur actuelle correspondant respectivement aux économies réalisées sur la hausse du coût du combustible, et aux économies fixes de la centrale. Cela représente le montant maximal des économies réalisées grâce à l'ajout d'un pouce d'isolant aux conduites de vapeur seulement.

2. Abaissement de la température de la vapeur. Une diminution de la température d'alimentation de 375 °F à 320 °F réduirait de plus de 15 p. 100 les pertes de chaleur. La diminution de la température d'alimentation pourrait consister en une diminution de l'excès de chaleur de la vapeur, ainsi qu'en une diminution de la température de saturation de la vapeur, due à une diminution de pression. Une analyse semblable à la précédente indique $1 433 013 comme valeur actuelle des économies de chaleur qui seraient réalisées. Cette possibilité semble très intéressante, mais il existe des incertitudes en ce qui concerne les modifications qu'il faudrait apporter aux systèmes de chauffage des bâtiments ou à la centrale. Il faut également faire preuve de prudence si l'on envisage la combinaison des deux options mentionnées, car les économies résultant de l'une seront réduites si l'autre a déjà été appliquée.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Il y a plusieurs manières de réduire sensiblement les pertes de chaleur du système de distribution de la chaleur de Fort Wainwright. Au cours d'une année moyenne, le coût des pertes de chaleur approche le million de dollars. Les deux options les plus prometteuses consistent à ajouter 1 pouce d'isolant aux conduites de vapeur placées dans de gros utilidors, et à abaisser la température de la vapeur de 375 °F à 320 °F.

Chacune de ces méthodes mérite un examen plus approfondi. Les résultats de la présente étude sont limités à cause de la qualité des données d'entrée. Des études plus détaillées devraient être effectuées avant de faire un choix. Aussi, nous recommandons de poursuivre la recherche en vue d'obtenir des résultats plus sûrs. Nos recommandations sont les suivantes:

1. Établir de façon plus précise l'épaisseur et l'état de l'isolant des conduites existantes. Il est également nécessaire de procéder à des mesures en laboratoire de la conductivité thermique des échantillons d'isolant. Ces essais sont relativement courants.
2. Déterminer les caractéristiques thermiques du sol autour des utilidors. Les effets à long terme d'une telle source de chaleur souterraine peuvent modifier considérablement les propriétés thermiques du sol en le desséchant.
3. Obtenir des données géométriques plus précises sur les utilidors. Ces données devraient inclure les dimensions extérieures et intérieures exactes, la profondeur d'enfouissement et l'emplacement des diverses installations intérieures.
4. Prendre des mesures de la température à l'intérieur des utilidors, pour évaluer la précision de la méthode informatique de calcul des pertes de chaleur. Des fluxmètres de chaleur pourraient aussi être installés dans des utilidors types, afin de confirmer les résultats.
5. Préciser les procédés utilisés dans le cadre de la méthode de calcul par ordinateur en vue de déterminer les pertes de chaleur. Recourir à plusieurs modèles numériques complets pour étudier la configuration d'un utilidor donné.
6. Examiner les conséquences d'une diminution de la pression de la vapeur (température de saturation), ou de la chaleur en excès, afin d'obtenir des températures de vapeur plus basses.

7. Procéder à des estimations préliminaires du coût de l'application des propositions avancées dans cette étude. Si cela est justifié, faire des estimations plus détaillées autour des possibilités les plus intéressantes.

Ouvrages cités

Crocker, S. et R.C. King (1967), Piping Handbook, New York, McGraw-Hill, 5e éd.

Flanders, S.N. et H.J. Coutts (en préparation), "Least life cycle Costs for insulation in Alaska", U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory CRREL Report.

Grober, H., S. Erk et U. Grigull (1961), Fundamentals of heat transfer, New York, McGraw-Hill.

Holman, J.P. (1972), Heat transfer, New York, McGraw-Hill, 3e éd.

U.S. Army Corps of Engineers (1978), "Energy conservation Investment Program Guidance", Facility Engineers Support Agency.

ABRÉVIATIONS

D_c diamètre externe de la conduite du condensat de gaz (pi)

D_{eu} diamètre interne effectif de l'utilidor (pi)

D_s diamètre externe de la conduite de vapeur (pi)

g constante de gravitation (pi/s^2)

k_a conductivité thermique de l'air (Btu/h . pi . °F)

k_{ca} conductivité thermique effective de l'air (Btu/h . pi . °F)

k_i conductivité thermique de l'isolant (Btu/h . pi . °F)

k_s conductivité thermique du sol (Btu/h . pi . °F)

k_u conductivité thermique des matériaux de l'utilidor (Btu/h . pi . °F)

L longueur du sous-système (pi)

N_G nombre de Grashof (sans dimension)

N_P nombre de Prandtl (sans dimension)

q pertes de chaleur par unité de longueur (Btu/h . pi)

Q pertes de chaleur du sous-système général (Btu/h)

R_{ca} résistance thermique entre la surface de l'isolant de la conduite du condensat et la paroi interne de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)

R_{ci} résistance thermique de l'isolant de la conduite du condensat (h . pi . °F/Btu)

R_{ea} résistance thermique effective de l'air dans l'utilidor (h . pi . °F/Btu)

R_{ei} résistance thermique effective de l'isolant des conduites (h . pi . °F/Btu)

R_o résistance thermique globale (h . pi . °F/Btu)

R_{sa} résistance thermique entre la surface de l'isolant de la conduite de vapeur et la paroi interne de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)

R_{si} résistance thermique de l'isolant de la conduite de vapeur (h . pi . °F/Btu)

R_u résistance thermique de l'utilidor (h . pi . °F/Btu)

S facteur forme de l'utilidor (sans dimension)

T_a température de l'air (°F)

T_c température de retour du condensat (°F)

T_{ci} température de la surface externe de l'isolant de la conduite du condensat (°F)

T_{ei} température de la surface effective d'isolation (°F)

T_g température du sol (°F)

T_{mi} température moyenne de l'isolant des conduites (°F)

T_s température de la vapeur (°F)

T_{si} température de la surface externe de l'isolant de la conduite de vapeur (°F)

T_{ui} température de la paroi interne de l'utilidor (°F)

T_{uo} température de la paroi externe de l'utilidor (°F)

U_o valeur globale U du sous-système (Btu/h . pi . °F)

x_B profondeur d'enfouissement de l'utilidor (pi)

x_{ci} épaisseur de l'isolant de la conduite du condensat (pi)

x_{si} épaisseur de l'isolant de la conduite de vapeur (pi)

x_u largeur de l'utilidor (pi)

y_u hauteur de l'utilidor (pi)

δ épaisseur effective de la couche d'air (pi)

Δx_u épaisseur de la paroi de l'utilidor (pi)

ν_a viscosité cinématique de l'air (pi^2/s)

GESTION DES DÉCHETS SOLIDES DANS LES AGGLOMÉRATIONS ÉLOIGNÉES DE L'ALASKA

Dr Timothy Tilsworth
Département du génie civil
Université de l'Alaska
Fairbanks, Alaska

INTRODUCTION

En Alaska, l'aménagement du milieu nécessite souvent des principes de conception uniques ou simplifiés, en raison des conditions climatiques rigoureuses et autres limitations. La gestion des déchets solides est l'un des secteurs auxquels s'intéresse la technique d'aménagement du milieu en climat froid.

Les petites agglomérations de moins de 500 habitants ont de la difficulté à exploiter et à entretenir des systèmes d'élimination des déchets satisfaisants. Les obstacles comprennent notamment la quasi-absence d'assiette fiscale, l'absence d'un système centralisé de collecte des ordures ménagères, une main-d'oeuvre non qualifiée et sans formation, et des règlements inefficaces dans le cas des agglomérations éloignées. Par conséquent, de nombreuses petites collectivités brûlent leurs déchets à l'air libre, de façon non contrôlée, ou les laissent sur les lieux de décharges sauvages à ciel ouvert. Le présent document s'intéresse aux problèmes relatifs à la gestion des déchets solides dans les petites agglomérations de l'Alaska. Une brève analyse de la documentation est présentée, les problèmes sont cernés et des solutions de rechange sont explorées.

GESTION DES DÉCHETS SOLIDES

La gestion des déchets solides se rapporte habituellement à la collecte, l'élimination et la gestion générale des déchets solides (ordures ménagères). Les ordures ménagères sont des matières qui ont perdu leur valeur économique immédiate pour l'usager et sont donc devenues des objets de rebut. On a signalé à maintes reprises qu'environ 80 p. 100 du coût de la gestion des déchets solides sont attribuables au processus de collecte, contre 20 p. 100 seulement pour le processus d'élimination. Toutefois, les options d'élimination posent invariablement de nombreux problèmes.

Les déchets solides comprennent de nombreuses matières différentes. On estime que le taux moyen de production de déchets aux États-Unis est d'environ 3,63 kg (8 lb) par personne et par jour (Tchobanoglous et coll., 1977).

Les options de l'élimination des déchets solides comprennent notamment la décharge, l'incinération et le traitement (la mise en balles, le broyage, le compostage, le recyclage, etc.). Certaines de ces options seront exposées en détail.

La gestion des déchets solides a notamment pour objectif l'élimination sûre et efficace des déchets, de manière à éviter ou à réduire les dangers, les nuisances et l'enlaidissement du paysage. Quelque 22 maladies se développent en rapport avec les déchets solides, et tout particulièrement lorsqu'il y a présence de fèces humaines (Hanks, 1967).

Les règlements aux niveaux fédéral, étatique ou local restreignent de façon considérable les opérations d'élimination, afin d'assurer une gestion sanitaire efficace. Ces règlements, toutefois, sont souvent mal adaptés ou ne sont pas respectés dans les petites localités éloignées. Les petites agglomérations des États-Unis et du Canada ont par

tradition adopté un système de décharge sauvage - un procédé qui ne comprend que peu ou pas de gestion et qui est, en règle générale, considéré comme inacceptable.

LES PROBLÈMES DE DÉCHETS SOLIDES EN CLIMAT FROID

Il existe nombre de conditions particulières en Alaska, créant des problèmes complexes et particuliers en matière de gestion des déchets solides. Il s'agit notamment de facteurs comme une faible population répartie sur une vaste superficie, des conditions climatiques rigoureuses, le pergélisol et des problèmes litigieux, l'absence d'assiette fiscale dans de nombreuses petites agglomérations et un réseau de transport embryonnaire. Ces facteurs et leurs répercussions sur la gestion des déchets solides sont présentés dans les paragraphes suivants.

Population de l'Alaska. L'Alaska est une très vaste région de quelque $1{,}52 \times 10^6$ kilomètres carrés (586 400 milles carrés). L'État, compte, toutefois, une population relativement modeste de 400 481 habitants très dispersés. (Department of Commerce, États-Unis 1981.) De la population totale, 309 922 personnes vivent dans les limites de 143 municipalités. Parmi celles-ci, 103 agglomérations ont une population inférieure à 500 personnes, 18 ont des populations variant de 500 à 1000 personnes, 17, de 1000 à 5000, et seulement 5 comptent plus de 5000 habitants. Plus de la moitié de la population de l'État se trouve rassemblée dans trois agglomérations: Anchorage (173 017 personnes), Fairbanks (22 645) et Juneau (19 528).

L'importance de la densité démographique par rapport à la gestion efficace et rentable des déchets solides est évidente. L'étalement de cette population dans tout l'État, et en particulier lorsqu'il est associé à un réseau de transport embryonnaire, entraîne la réduction des options valables qui se puissent appliquer pour l'élimination des déchets solides. Ce problème n'est pas particulier à l'Alaska, puisque le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest au Canada (Smith, 1980) ont les mêmes problèmes de dispersion de la population. Ces régions, y compris l'Alaska, sont caractérisées par des agglomérations dont les populations sont habituellement inférieures à 500 personnes. Bien que le recensement de l'Alaska de 1980 indique qu'il existe 103 municipalités dont les populations sont inférieures à 500 personnes, on estime qu'il y a plus de 200 collectivités (érigées ou non en municipalités) de moins de 500 personnes; environ la moitié de ces collectivités comprend moins de 100 personnes (ADEC, 1977; Smith, 1980 et Lynch, 1982). L'importance de la répartition de la population et les faibles densités démographiques jouent un rôle important en terme d' "économie d'échelle".

Le climat de l'Alaska. L'État connaît une gamme étendue de conditions climatiques à l'intérieur de trois zones: le climat est tempéré dans le sud-est, subarctique à l'intérieur et arctique au nord et à l'ouest de l'Alaska. Les précipitations annuelles moyennes varient de 10 à 510 cm (de 4 à 300 po), tandis que les chutes de neige annuelles moyennes varient de 50 à 570 cm (de 20 à 225 po), et que les températures annuelles moyennes varient autour de -12 °C (10 °F) et plus, les extrêmes allant de -60 °C (-75 °F) à -38 °C (-100 °F). En plus de ces conditions climatiques rigoureuses qui peuvent se répercuter de façon grave sur les techniques de conception, l'Alaska se trouve dans une zone de pergélisol. Le pergélisol, ou sol gelé en permanence, se trouve partout en Alaska et peut être continu ou discontinu (Hartman et Johnson, 1978).

Les conditions climatiques rigoureuses peuvent perturber gravement les modes d'exploitation des systèmes d'élimination des déchets solides. Les basses températures empêchent la biodégradation et restreignent également les conditions d'exploitation. Des

précipitations excessives peuvent favoriser la filtration des déchets solides et limiter ou réduire le nombre de décharges acceptables. Il est évidemment onéreux d'excaver le sol gelé, et si l'opération n'est pas effectuée correctement, il peut se produire par la suite des problèmes relatifs à la qualité de l'eau, sans parler des problèmes d'érosion. En règle générale, la conception en présence de pergélisol est élaborée d'après trois méthodes visant: 1) à l'éviter, 2) à le détruire ou 3) à le préserver.

La gestion des déchets solides dans les agglomérations de l'Alaska. L'élimination des déchets solides en Alaska se fait de façon générale sur les lieux de décharges contrôlées ou de décharges sauvages. Il existe des décharges sauvages insalubres et inesthétiques dans la plupart des petits villages de l'Alaska où 76 p. 100 des collectivités ont recours à ce type de dépotoirs tandis que 11 p. 100 utilisent une décharge simplifiée et que les 13 p. 100 restants jettent leurs déchets dans l'océan ou les rivières. Une petite partie des collectivités utilisent l'incinération, mais il s'agit toujours d'installations fédérales américaines (Alaska Department of Environmental Conservation (ACDEC), 1977). Une enquête, effectuée à l'échelle de l'État par l'ACDEC en 1977, a établi que le brûlage à l'air libre était pratiqué dans 22 p. 100 des agglomérations et que seulement 12 p. 100 avaient une certaine forme de système centralisé de collecte. On a signalé que les ours posaient des problèmes sur plusieurs sites et qu'en règle générale, les déchets sont dispersés sur une grande superficie. Plusieurs décharges contrôlées ont été conçues et sont exploitées par le Public Health Service des États-Unis et l'Alaska Department of Transportation.

En 1981, l'ACDEC (région du Nord), a inspecté 25 dépotoirs éloignés (Ward, 1982). De nombreux problèmes ont été signalés, notamment la présence de restes d'animaux morts, de sacs à excréments et la possibilité de contacts avec les nappes d'eau potable. De plus, plusieurs sites étaient fréquentés par des renards susceptibles d'être atteints de la rage. On signale un autre problème majeur: de nombreux villages n'ont pas de site centralisé de décharge; les déchets sont donc déposés n'importe où, dans les village et aux alentours.

La plupart des installations d'élimination ne répondent pas aux critères établis pour les décharges contrôlées, ce qui va à l'encontre des lois de l'État et du gouvernement fédéral. Les problèmes connexes comprennent notamment le brûlage à l'air libre, les décharges sauvages, le rejet dans les plans d'eau, les facteurs de nuisance et l'absence de contrôle des vecteurs.

Les facteurs susceptibles d'entraîner des problèmes relatifs aux déchets solides en climat froid ont été circonscrits par Alter (1969) et comprennent notamment: 1) l'absence de responsabilité en matière de gestion appropriée des déchets solides; 2) le nomadisme et la tendance à considérer les régions froides comme des lieux d'établissement temporaire; 3) la tendance, lorsque les conditions atmosphériques sont rigoureuses, à passer le moins de temps possible à l'extérieur; 4) l'ignorance des forces, des ressources et des régimes du milieu; 5) l'absence de moyens de transport; 6) la pénurie de personnel qualifié; 7) le coût relativement élevé des travaux effectués dans des régions froides et 8) l'insuffisance d'information sur la production et les caractéristiques des déchets solides.

Les problèmes d'élimination des déchets dans les petites agglomérations nordiques sont en outre compliqués par des facteurs sociaux, culturels et économiques. On a tenté, par le passé, d'appliquer une technologie valable pour les agglomérations des régions situées plus au sud. Bon nombre de ces efforts ont échoué parce que les collectivités devaient s'adapter aux systèmes et non l'inverse, et que les conditions économiques n'encourageaient pas l'emploi d'une technique sophistiquée. (Reid, 1980; Environnement Canada, 1975.)

Bien qu'en général les déchets solides soient composés partout des mêmes matières, cela n'est pas toujours vrai. Ainsi, une grande partie des déchets solides qui sont éliminés en Alaska provient de l'extérieur. On soupçonne qu'une très grande partie des déchets solides est composée de papiers et autres produits d'emballage utilisés pour expédier des objets dans l'État. Les informations sur la quantité de déchets solides produits dans les petites localités éloignées sont très limitées et il semble que la valeur nominale courante soit d'environ 2,27 kg (5 lb) par personne et par jour, bien que les valeurs varient de 1 kg (2,2 lb) à 3,63 kg (8 lb) par personne et par jour (Alter, 1969; Smith et Straughn, 1971; Associated Engineering Services Ltd., 1973; ministère de l'Environnement de l'Alberta, 1981 (a) et (b) et Cormie, 1982). Des tentatives limitées ont été faites pour mesurer les quantités de déchets dans le cadre de cette étude (voir remerciements). Toutefois, les données ne permettent pas de tirer des conclusions importantes.

RÈGLEMENTS SUR LES DÉCHETS SOLIDES

Des règlements sur les déchets solides ont été adoptés pour la première fois aux États-Unis en 1965. La Loi sur les services publics nº 89-272, connue sous le nom de Solid Waste Disposal Act, représente la première démarche du gouvernement fédéral visant à réglementer la gestion des déchets solides à l'échelle nationale. Le Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) a été adopté par les États-Unis en 1976 (Loi sur les services publics nº 94-580 de 1976). Il a une portée beaucoup plus grande que les lois et règlements qui l'ont précédé; le RCRA est exposé en détail dans les paragraphes suivants.

Resource Conservation and Recovery Act (1976). Le RCRA avait pour principal objectif de faciliter la collaboration en matière de gestion des déchets solides entre les trois paliers de gouvernements fédéral, étatique et local. Les autres objectifs portaient notamment sur la classification et la fermeture des décharges sauvages, la réglementation des déchets dangereux, l'organisation de la récupération des matières recyclables et la production d'énergie à partir des déchets solides.

Dans le cadre de la RCRA, l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA) a publié des "Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices" (EPA, 1980). On a établi des normes nationales minimales pour protéger les résidents et l'environnement contre les effets préjudiciables résultant de l'élimination des déchets solides. En outre, une méthode d'évaluation a été mise au point, en vertu de laquelle chaque État peut confronter ses installations d'élimination des déchets solides avec les critères établis. Ceux-ci comprennent des normes touchant huit secteurs principaux: l'atmosphère (la pollution), la sécurité (les incendies explosifs, le danger que constituent les oiseaux pour les aéronefs et les possibilités d'accès), l'eau de surface (la contamination), l'eau souterraine (la contamination), les espèces en voie d'extinction, les maladies (les vecteurs, les boues résiduaires et le pompage du contenu des fosses septiques), l'épandage sur les terres utilisées pour la production de cultures entrant dans la chaîne alimentaire, et les zones inondables (inondations). Les installations qui ne répondent pas aux normes sont classifiées, puis inscrites dans l'inventaire des décharges sauvages de l'EPA. Toutefois, ces dernières mesures n'ont guère incité les agglomérations et les États concernés à corriger la situation. L'efficacité de la méthode est donc douteuse.

Règlements de l'Alaska. L'État de l'Alaska a adopté, en juillet 1974, des règlements sur les déchets solides révisés en octobre 1978) qui sont appliqués par l'ACDEC (ADEC, registre nº 50, juillet 1974, titre nº 18: "Environmental Conservation Solid Waste Management"). Ces règlements stipulent notamment que: a) l'incinération doit être considérée comme une option de traitement viable dans le plan détaillé obligatoire; b) l'élimination des déchets putrescibles dans les zones de pergélisol ou de production de percolat est limitée et ne doit être permise que si des méthodes particulières approuvées par le ministère sont appliquées; c) le brûlage à l'air libre sur les lieux d'une décharge est interdit et d) les déchets solides doivent être déposés de manière à prévenir la contamination des plans d'eau par les déchets, le percolat ou les particules de sol érodé.

L'État de l'Alaska s'occupe activement de l'inventaire des décharges sauvages de la RCRA et offre également une aide technique aux petites agglomérations (ADEC, 1977). Récemment, l'État a fourni une aide financière aux petites agglomérations sous forme de subventions pour l'amélioration des systèmes de gestion des déchets solides (Ward, 1982). En outre, l'ACDEC encourage et favorise les projets de récupération et de conservation des ressources. Un effort louable est accompli par l'ADEC, en dépit de la pénurie de main-d'oeuvre.

Relevé national des règlements des États. En vue de répertorier les techniques de réglementation et de gestion qui sont actuellement appliquées dans les petites agglomérations, un relevé national a été effectué auprès de chacun des 50 États américains (Steen, 1981). Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes:

1. Les règlements sur les déchets solides régissant les agglomérations de moins de 5000 habitants existent surtout dans des États dont la population est relativement clairsemée. Les États à forte densité démographique n'ont pas, en règle générale, de règlements particuliers s'appliquant aux petites agglomérations.
2. Les États sont tolérants à l'endroit des petites agglomérations pour ce qui est du respect des règlements sur les sites d'élimination des déchets solides. Cette tolérance se traduit par l'absence de contrôle du percolat et de la couverture journalière, ainsi que par l'autorisation du brûlage à l'air libre. En raison de cette situation, on pourrait classer de nombreuses installations d'élimination dans la catégorie des décharges sauvages, selon les critères de la RCRA.
3. Bien que dans la plupart des États les règlements concernant les sites d'élimination soient axés principalement sur les décharges contrôlées les décharges simplifiées sont toujours une réalité très répandue.
4. Dans les régions rurales, la mise en commun des ressources pour la gestion des déchets solides est en voie de devenir un outil important dans les régions rurales où on cherche à remplacer les décharges sauvages par des décharges contrôlées qui peuvent recevoir les déchets de plusieurs agglomérations, ou même de tout un comté.
5. La récupération des matières recyclables est encore minime, mais elle prend peu à peu de l'intérêt comme moyen de réduire la quantité de déchets qui doivent être éliminés sur les terres.

D'après les résultats de ce relevé, il est clair que les problèmes d'élimination et de gestion des déchets solides dans les petites agglomérations ne sont pas limités à l'Alaska et au Nord du Canada. Il est également évident que toutes les régions à faible densité de population ont besoin d'une attention particulière et d'assistance en ce qui concerne la conception et la réglementation de leurs systèmes d'élimination des déchets solides.

ÉLIMINATION DES DÉCHETS DANS LES PETITES AGGLOMÉRATIONS

Si l'on en croit la documentation disponible et les résultats de cette étude, les options d'élimination viables dans les petites agglomérations se limitent principalement à l'épandage et à ses modifications. Il existe certaines applications limitées en ce qui a trait à l'incinération et aux autres techniques d'élimination. Cependant, elles ne sont pas recommandées pour des raisons qui seront exposées plus loin. Comme on l'a déjà mentionné, l'État de l'Alaska accorde des subventions financières notables, mais limitées, aux petites agglomérations rurales.

Celles-ci font face à de nombreux problèmes qui alourdissent et entravent la tâche de gérer le secteur des déchets solides. Les collectivités de moins de 500 personnes n'ont pratiquement pas d'assiette fiscale qui leur permettrait de retirer des revenus. Par suite, l'élimination appropriée des déchets représente pour les collectivités une entreprise formidable. Par exemple, le responsable de la gestion des déchets solides dans une petite agglomération peut ne pas être employé à plein temps. Il peut exercer de nombreuses fonctions administratives outre la gestion des déchets solides, occuper un poste d'employé de bureau, s'occuper des travaux publics, être trésorier ou attrapeur de chiens, etc. L'absence de formation officielle peut encore gêner l'application de méthodes plus avancées.

Il semble que la suppression des décharges sauvages dans les limites des villages soit prioritaire. Cette pratique doit être remplacée par la collecte centralisée et des méthodes d'élimination: il vaut mieux tolérer une décharge simplifiée contrôlée qu'une décharge sauvage non réglementée. En outre, le rejet dans les rivières et l'océan (sur le pack) doit être supprimé et remplacé par des techniques contrôlées. Il faut prendre des mesures immédiates pour enlever et éliminer les sacs à excréments loin des régions habitées pour des raisons évidentes de santé, d'hygiène publique et de sécurité.

Incinération. L'incinération ne convient pas aux petites agglomérations en raison des coûts en capital et des frais d'E&E élevés. Il faut en outre un personnel qualifié à même de contrôler la combustion des déchets. Dans de nombreux cas, un combustible auxiliaire est nécessaire pour amorcer et soutenir la combustion (Smith et Straughn, 1971; Reid, 1980; Associated Engineering Services Ltd., 1973). En raison des quantités relativement petites de déchets, la plupart des incinérateurs doivent fonctionner de façon discontinue, ce qui est généralement considéré comme inefficace en raison de la période de démarrage et des fluctuations de températures. Le stockage à court terme des déchets (plusieurs jours peut-être) en prévision de leur incinération a quelque mérite, mais il peut entraîner d'autres aspects négatifs comme la présence de vecteurs et des nuisances. En raison de l'exploitation cyclique par lots, il est douteux que de nombreux petits incinérateurs puissent respecter les critères de pollution atmosphérique. En outre, il faut savoir que l'incinération n'exclut pas le recours à la décharge contrôlée, si on tient compte des matières non combustibles et des résidus de combustion.

Giles (1981) s'est intéressé à l'emploi d'incinérateurs dans les petites agglomérations. Les résultats de l'étude indiquent que les incinérateurs à air contrôlé et à chambres multiples étaient trop onéreux pour les collectivités inférieures à 5000 personnes. Le coût en capital des incinérateurs à chambre unique (en forme de silo ou de tente) pour une agglomération de moins de 750 personnes variait, selon les estimations, de 7500 à $10 000, ce qui est assez onéreux. Giles soutient que le brûlage à l'air libre, dans des conditions contrôlées, devrait être pris en considération pour les agglomérations de moins de 1500 habitants, de même que les incinérateurs à chambre unique pour les agglomérations éloignées qui comptent entre 500 à 5000 habitants.

Des recherches récentes indiquent que l'incinération à l'air libre peut avoir une application restreinte dans les petites agglomérations éloignées à un prix relativement concurrentiel, tout en permettant un contrôle raisonnable de la pollution de l'air (Giles, 1981 et Environmental Protection Service, 1979). Les études effectuées par l'État de l'Alaska en 1981 tendent à montrer qu'une "boîte à brûlage" est avantageuse pour les petites agglomérations. Il s'agit d'un brûleur de déchets artisanal dont le coût s'élève à environ $2500; il peut brûler quotidiennement les déchets d'une petite agglomération. On ne sait pas si cette "boîte à brûlage" est conforme aux règlements sur la pollution atmosphérique, mais le procédé semble intéressant et il mérite un plus ample examen (Ward, 1982).

Récupération des matières recyclables. Dans la plupart des cas, la récupération des matières recyclables n'est pas pratique dans les petites agglomérations. Néanmoins, plusieurs d'entre elles ont des programmes de récupération et ces efforts ne doivent certainement pas être découragés. Le succès en la matière repose principalement sur des initiatives et des attitudes individuelles. La situation géographique de l'Alaska, séparée des 48 autres États américains, crée des conditions économiques défavorables. Des frais supplémentaires pour le transport des matières récupérées freinent les efforts en matière de recyclage. L'État de l'Alaska s'occupe activement de favoriser les programmes de récupération en offrant son assistance technique et financière (Ward, 1982). Il s'agit d'une mesure très positive en matière de gestion des déchets et d'éducation du public. Certaines tentatives de récupération consistent simplement à enfouir des cellules d'isolation dans les décharges contrôlées: les matières recyclables (métaux, verre, caoutchouc, etc.) y sont stockées à long terme. Cette méthode simple représente une étape positive dans l'ensemble du cycle de gestion des déchets, puisque la récupération et l'utilisation peuvent avoir lieu ultérieurement, à une époque où des conditions économiques plus favorables permettront le recyclage.

Traitement des déchets solides. La catégorie générale du traitement des déchets solides comprend notamment le compactage, le tri, la mise en balles, le broyage et le compostage. Ces procédés sont normalement mécaniques et relativement coûteux. Dans la plupart des cas, le traitement sert surtout à réduire le volume des déchets en plus d'offrir d'autres avantages. Ce procédé nécessite une main-d'oeuvre qualifiée et des normes élevées d'entretien; en général, il ne peut être recommandé pour les petites agglomérations (EPA, 1976).

Rejet dans les océans. Les agglomérations côtières éloignées déposent souvent les déchets solides sur le pack et s'en remettent par la suite à l'immensité de l'océan pour l'élimination des déchets. Bien qu'on ait pu tolérer cette pratique par le passé pour les petits villages, elle est interdite désormais. Des systèmes améliorés de transport, des taux de production accrus de déchets et une meilleure compréhension des risques écologiques contribuent à la remplacer par des techniques plus acceptables.

Décharge contrôlée. De toutes les options d'élimination des déchets solides qui s'offrent aux petites agglomérations, le seul procédé apparemment viable est celui de la décharge contrôlée. Les autres procédés ne sont pas recommandés dans la plupart des cas, en raison des limites économiques. La décharge semble offrir les plus grands avantages en ce qui concerne les coûts, l'exploitation et l'entretien des terres, etc. Si les conditions garantissent un traitement plus perfectionné et que l'aspect économique et les autres

facteurs d'exploitation sont favorables, les collectivités doivent alors considérer les options de l'incinération, les procédés régionalisés de collecte et d'élimination, etc.

Même si l'on prend en considération tous les aspects positifs de la décharge, on peut avoir à surmonter de nombreux obstacles. Citons a) l'absence de terres convenables, b) l'absence de matériaux de recouvrement de qualité, c) des conditions de pergélisol, d) l'absence de main-d'oeuvre qualifiée pour l'exploitation et l'entretien, e) des ressources économiques insuffisantes, f) l'absence d'équipement d'excavation et de compactage, etc.

Conception. La conception de décharges simplifiées pour les petites agglomérations doit être assistée par les organismes de réglementation. La conception doit être normalisée dans la mesure du possible et les décharges doivent être aussi simples que le permettent les règlements. Au Yukon, cette technique est appliquée avec beaucoup de succès (Cormie, 1982). Dans le processus de conception, il faut respecter de nombreux critères; certains d'entre eux sont présentés dans la suite de ce rapport.

Terres. Les besoins en terres pour les décharges des petites agglomérations sont minimes, mais peuvent tout de même constituer un facteur primordial lors de la conception. Une agglomération de 100 personnes a besoin d'environ 0,2 ha (0,5 acre) de terrain pour une période d'utilisation de 20 ans. Ce calcul est basé sur les hypothèses suivantes: les déchets s'élèvent à 2,27 kg (5 lb) par personne et par jour, la densité sur place est de 297 kg par mètre cube (500 lb par verge cube), et il existe une surface de dégagement ou zone tampon. Il faut également prévoir l'enfouissement en tranchées. Le comblement en surface permet de réduire la quantité de terre nécessaire et dans certains cas, il pourra être privilégié, comme par exemple dans les zones de pergélisol.

Les décharges devraient se trouver à proximité des agglomérations, mais être assez éloignées pour empêcher qu'elles ne gênent la collectivité. Comme de nombreuses petites agglomérations n'ont pas de système de collecte, les particuliers transportent leurs déchets jusqu'aux décharges. Des distances de plus de 0,8 km de l'agglomération risquent de nuire à l'efficacité de la décharge. Quoiqu'il en soit, d'autres facteurs doivent être pris en considération, comme l'existence et l'état d'une route d'accès, les animaux attirés par les déchets, les nuisances et la santé publique.

Il faut prévoir dans la décharge une zone distincte pour la récupération limitée des matières, par exemple le stockage des objets volumineux non combustibles. Il faut également prévoir une zone distincte pour les animaux morts et les déchets humains. Il faut déterminer les sites avec beaucoup de soin en prenant en considération les conditions du sol, la direction des vents dominants, le drainage, les possibilités d'accès, etc.

Brûlage à l'air libre. Il est proposé de prévoir un site de décharge simplifiée pour permettre le brûlage à l'air libre. Cette pratique constitue évidemment une violation des règlements de l'État et du gouvernement fédéral et il faudrait donc que des permis soient émis. Toutefois, le brûlage non réglementé ne doit être autorisé en aucun cas.

Le brûlage contrôlé doit être pratiqué selon les dispositions énoncées dans un permis réglementaire, il doit être effectué le moins souvent possible et dans des conditions météorologiques optimales. Le brûlage pourrait être pratiqué une fois par mois, ou plus, si les conditions le permettent. L'opération doit être effectuée sous contrôle et dans des conditions météorologiques favorables, de façon à réduire au minimum les nuisances et les risques. Il faut également prendre en considération la direction et la vitesse des vents: ceux-ci doivent souffler dans la direction opposée à l'agglomération et la vitesse doit être suffisante pour permettre un bon mélange et la dispersion dans

l'atmosphère. Des écrans pare-feu devraient être installés pour empêcher que les cendres chaudes ne soient emportées par le vent et provoquent d'éventuels feux de broussailles.

Bien que le brûlage contrôlé puisse être une cause de pollution atmosphérique et de nuisance localisées, ces facteurs peuvent être réduits au minimum et contrôlées. Plusieurs aspects positifs peuvent découler du brûlage contrôlé à l'air libre, notamment la réduction du volume de déchets (peut-être jusqu'à 70 ou 90 p. 100), la suppression des odeurs organiques nauséabondes, la stérilisation des déchets humains et des carcasses d'animaux, la diminution du nombre de détritus emportés par le vent, etc.

Pergélisol. Dans de nombreux cas, il faut compter avec des conditions de pergélisol dans les régions du nord de l'Alaska. L'incinération doit alors être envisagée, si les conditions économiques le permettent. Si les coûts d'incinération sont élevés et qu'il n'y a pas de terrain approprié, on recommande de recouvrir le pergélisol d'un couche de gravier qui servira de coussin d'isolation, et d'aménager un talus de gravier autour du site. Cela dépend évidemment de la disponibilité locale du gravier de même que de l'équipement d'excavation et de transport. Bien que les déchets solides aient été déposés sur ou dans le pergélisol pendant de nombreuses années (décharges sauvages) les études sur le sujet sont très rares et on a très peu d'information sur les effets de cette pratique. Il est vivement recommandé que des recherches immédiates soient entreprises pour étudier les résultats du dépôt des déchets solides sur ou dans le pergélisol. On peut prévoir que l'opération engendrera une cuvette de dégel et prendre des mesures pour confiner celle-ci et réduire les risques de filtration des déchets dans le sol.

Collecte et élimination régionalisées. La centralisation du ramassage et de l'élimination présente un avantage évident lorsque les conditions le permettent. Elle a donné de bons résultats en Alberta (Leskiw, 1982). Toutefois, de nombreuses petites localités de l'Alaska ne se trouvent pas à proximité d'un réseau de transport.

Équipement de compactage et d'excavation. Il se peut que les petites agglomérations ne possèdent pas un équipement de compactage et/ou d'excavation utilisable dans les décharges contrôlées. Dans certains cas, toutefois, la mise en commun de l'équipement servant aux travaux publics peut se révéler satisfaisante et rentable. En outre, dans des conditions particulières, on peut emprunter l'équipement de l'Alaska Department of Transportation ou du gouvernement fédéral (PHS).

Matériel didactique. Il existe au moins deux besoins définis dans le domaine de l'information sur les déchets solides. Tout d'abord, les responsables et les superviseurs qui expliquent les différentes options et la procédure à suivre pour obtenir une assistance ont besoin de matériel didactique "élémentaire". Ensuite, on doit sensibiliser les collectivités par le biais de sessions d'information et de documents imprimés expliquant l'importance d'une gestion appropriée des déchets solides et ses rapports avec l'hygiène publique, la santé et la sécurité.

Clôtures. Il est recommandé de prévoir une clôture autour du site de décharge. Ceci en vue de confiner la zone de décharge, de restreindre l'accès à la circulation et d'éloigner les animaux. Normalement, une clôture grillagée de 2,5 mètres devrait être installée; mais pour de nombreuses collectivités, elle pourrait être trop onéreuse. Par exemple, le coût d'une clôture grillagée de 2,5 m installée sur un site de 0,2 hectare varie

de 30 à $80 le mètre linéaire, pour atteindre au total de 6000 à $15 000. Le coût final dépend de l'emplacement et du type de matériaux utilisés. Un garde-neige pourrait être satisfaisant en certains endroits.

Eaux de chasse. Les agglomérations qui n'ont pas de réseaux d'égouts ont recours au système des seaux hygiéniques. Il arrive souvent que le contenu des seaux hygiéniques soit déversé au hasard dans l'agglomération ou à proximité de celle-ci. Dans certains cas, les déchets sont déposés sur les lieux de la décharge locale. Il faut alors prendre certaines dispositions pour isoler les eaux sanitaires des déchets solides: on peut aménager un talus de gravier et épandre de la chaux sur les déchets ou les brûler à l'air libre, si c'est nécessaire.

Divers. Nombre d'aspects de l'exploitation d'une décharge simplifiée n'ont pas été exposés dans ce rapport. Ils constituent néanmoins des éléments essentiels d'un système efficace et rentable d'élimination des déchets solides. Ils comprennent notamment la supervision, le choix du site, le drainage, les panneaux de signalisation pour la circulation et les heures d'exploitation, le contrôle de la récupération, la tenue de dossiers, etc.

RÉSUMÉ

L'élimination des déchets solides dans les petites agglomérations est entravée par de nombreux facteurs. Lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser des méthodes plus perfectionnées, comme l'incinération ou le traitement, en raison des coûts excessifs, il est recommandé d'exploiter une décharge simplifiée de manière à réglementer et contrôler le brûlage à l'air libre. Il est essentiel de séparer les déchets solides et les eaux sanitaires, et d'appliquer des méthodes d'élimination contrôlées et approuvées.

Exemple d'évaluation du coût d'une décharge. Cette analyse de coûts sert de guide pour évaluer quelles sont les ressources économiques requises pour les petites agglomérations éloignées. De nombreuses modifications de cette analyse peuvent se révéler nécessaires, selon les conditions particulières de l'agglomération concernée. On peut présumer que dans de nombreux cas, l'équipement n'est pas disponible. Dans la mesure du possible, il faut envisager de louer l'équipement ou de l'utiliser également pour d'autres travaux. Dans les endroits isolés, il peut être possible d'emprunter l'équipement de l'État de l'Alaska ou celui du gouvernement fédéral.

Bien que l'enfouissement puisse être la technique d'élimination que l'on préfère, il se peut qu'il soit impossible à pratiquer dans certains sols (pergélisol). Il est alors recommandé d'envisager l'enfouissement en surface avec un talus de gravier ou de terre.

Lorsqu'il faut concevoir des systèmes d'élimination pour des agglomérations plus importantes (jusqu'à 500 habitants environ, les montants qui ont été utilisés dans notre exemple peuvent être extrapolés directement, afin d'obtenir une estimation très générale des coûts. Si le brûlage contrôlé est autorisé dans la décharge, l'étendue de terrain nécessaire pour une période donnée d'utilisation peut être réduite, au bas mot, d'au moins 50 p. 100. Un autre facteur pouvant être étudié et évalué est le coût de la fermeture des décharges sauvages.

A. Hypothèses:

1) Un village de l'intérieur de l'Alaska - coûts de 1982
2) Population: 100 personnes
3) Taux de production de déchets: 5 lb/pers./d
4) Densité des déchets dans la décharge: 500 lb par verge cube*
5) Durée d'utilisation de la décharge: 20 ans
6) Terrain nécesaire: 0,5 acre*
(5 lb/pers./d) x (100 pers.) x (365 jours/année) x (20 ans) x (9 pi^2/$verge^2$)
(500 lb/$verge^3$) x (10 pi/3 pi/verge) x (43 560 pi^2/acre)
= 0,453 acre → utilisation de 0,5 acre
7) Enfouissement en surface: profondeur de 10 pieds**
8) Clôture du périmètre: 600 pieds***
9) Taux d'intérêt: 15 %
10) Les estimations sont modérées.

B. Coûts en capital:

1)	Terrain: 0,5 acre @ $5000	$ 5 000
2)	Équipement d'excavation****: achat d'un véhicule à chenilles @ $30 000 - $10 000 de frais de transport	
	Coûts prévus pour une utilisation de 4 heures par semaine (moyenne)	$ 4 000
3)	Clôture***: 600 pieds @ $10 le pied (moyenne)	$ 6 000
4)	Comblement (gravier)** utilisation d'un coussin de 6 pouces et d'un talus élevé sur au moins un côté - estimation de 1000 $verges^3$ @ $10 la verge***	$ 10 000
5)	Divers: signalisation, construction de routes, portes, etc.	$ 2 000
	Total des coûts en capital	$ 27 000
	Coût annuel de l'investissement à l'aide du facteur de récupération du capital	
	$A/P = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$ 4 315

---

* Si le brûlage à l'air libre est autorisé, il est possible de réduire le volume des déchets et de diminuer de moitié la superficie de terrain nécessaire.

** Si un comblement en surface est effectué dans des conditions de pergélisol, il est recommandé de prévoir un coussin de gravier et un talus pour empêcher que les déchets ne viennent en contact avec la surface du sol. Il est possible que le gravier soit inexistant dans certaines localités.

*** La pose d'une clôture suppose, au minimum, l'isolation de la décharge au moyen d'un garde-neige et d'une clôture de meilleure qualité à proximité de la route d'accès. Si le brûlage à l'air libre est autorisé, un écran pare-feu est nécessaire.

**** En raison des besoins limités des petites agglomérations, on recommande que les collectivités se procurent l'équipement d'excavation nécessaire par voie contractuelle ou louage. Dans l'hypothèse d'une utilisation moyenne de 4 heures par semaine (une estimation qui peut être élevée), le coût d'un contrat serait d'environ $30 l'heure.

C. Coûts d'exploitation:

1)	Combustible et entretien: 4 heures par semaine	$ 2 000
2)	Main-d'oeuvre: 4 heures par semaine	$ 3 000
3)	Divers	$ 5 000
D.	Total des coûts en capital et des coûts d'exploitation annuels:	$ 14 315

Ces coûts s'élèvent à $143 par personne et par année ou à $157 par tonne de déchets éliminés. Ces coûts anormalement élevés résultent de conditions uniques et de l' "économie d'échelle". Ils révèlent également que l'incinération pourrait être plus rentable qu'on ne l'estime habituellement.

E. Remarques:

Facteurs de conversion: lb x 0,4536 = kg
$lb/verge^3$ x 0,5933 = kg/m^3
acre x 0,40469 = ha
pi x ,3048 = m

REMERCIEMENTS

Des parties de cette étude ont pu être réalisées grâce à l'aide financière accordée par l'Environmental Protection Agency des États-Unis, sous la forme d'une subvention à la recherche (nº CR 807981010). Nous remercions M. Barry Reid de l'EPA (Corvallis, Oregon) et MM. Dennis Ward, Greg Pineau et Jerry Brossia de l'Alaska Department of Environmental Conservation, pour l'aide qu'ils nous ont accordée. Nous tenons enfin à remercier M. George R. Steen pour sa collaboration et son aide pendant l'exécution du projet, alors qu'il était étudiant diplômé et participait à la mise en oeuvre du "Program of Environmental Quality Engineering and Science" de l'Université de l'Alaska.

Alaska Department of Environmental Conservation (1977), "Village Sanitation in Alaska - Village Safe Water Program".

Ministère de l'Environnement de l'Alberta (1981a), "Elements of Engineering Design for a Sanitary Landfill Operator's Manual" Pollution Control Division, 27 février 1981.

Ministère de l'Environnement de l'Alberta (1981b), "The Sturgeon Regional Sanitary Landfill Operator's Manual", Pollution Control Division.

Alter, A.J. (1969), "Solid Waste Management in Cold Regions", Alaska Department of Health and Welfare.

Associated Engineering Services, Ltd. (1973), "Solid Waste Management in the Canadian North", rédigé pour Environnement Canada.

Cormie, John (1982), Communication personnelle, gouvernement du Yukon, Whitehorse, Canada, 5 janvier 1982.

Environnement Canada (1975), "Solid Waste Management: Some Basic Applications - Seminar Proceedings", rapport EPS-3-EC-75-3.

Environnement Canada (1979), "Manuel d'aménagement des réseaux de services publics en climat froid, Sous-section de la technologie nordique, Service de la protection de l'environnement, rapport EPS 3-WP-79-2F

Giles, G.E. (1981), "An Evaluation of Open Burning and Incineration of Refuse in Small Communities," ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, rapport nº 80-7, 59 pages.

Hanks, T.G. (1967), "Solid Waste/Disease Relationships", U.S. Dept. of Health, Education and Welfare. Office of Solid Wastes, SW-1C.

Leskiw, Gene (1982), Communication personnelle, ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton, Canada, 8 janvier 1982.

Lynch, D.F. (1981), Communication personnelle, Département de géographie, université de l'Alaska, Fairbanks, octobre 1981.

Smith, D.W. (1980), "Wastewater Treatment for Cold Regions. Proceedings of the ASCE Cold Regions Engineering Conference", Portland, 14-18 avril, 21 pages.

Smith, D.W. et R.O. Straughn (1971), "Refuse Incineration at Murphy Dome Air Force Station", Arctic Health Research Center, U.S. Public Health Service, Fairbanks, 19 pages.

Steen, George Randolph (1981), "An Analysis of U.S. State Regulations for Solid Waste Management in Small Communities - A Special Project," Program of Environmental Quality Engineering and Science, Université de l'Alaska, Fairbanks, 68 pages.

Tchobnolous, G., H. Theisen et R. Eliassen (1977), Solid Wastes: Engineering Principles and Managemet Issues, McGraw-Hill Book Co., New York.

U.S. Department of Commerce (1981), Bureau of Census - 1980 Census of Population and Housing, Alaska PHC 80-V-3, pp. 4-6.

U.S. Environmental Protection Agency (1976), "Decision Makers Guide in Solid Waste Management", SW-500, 158 pages.

U.S. Environmental Protection Agency (1980), "Classifying Solid Waste Disposal Facilities - A Guidance Manual", SW-828, pp. 1-A10.

Ward, Dennis (1982), Communication personnelle, Alaska Department of Environmental Conservation, Northern Region, 18 mars 1982.

GESTION DES DÉCHETS SOLIDES DANS LES RÉGIONS FROIDES: POTENTIEL DE RÉCUPÉRATION DES MATÉRIAUX RECYCLABLES

Robert E. Miller et Oscar E. Dickason
Département de génie civil
Université de l'Alaska, Anchorage

Le cercle arctique de l'Amérique du Nord compte plusieurs grandes villes qui, à divers degrés, sont les principaux centres de distribution pour les vastes régions du Nord. La municipalité d'Anchorage a une superficie de 1700 milles carrés*. C'est la plus grande ville de l'Etat et elle sert de centre administratif pour la majorité des industries de l'Alaska, c'est un centre bancaire et la principale plaque tournante du transport de marchandises. Seulement 200 milles carrés de la ville sont habitables. La région desservie par le système d'élimination des déchets solides d'Anchorage (figure 1) comprend les zones industrielles, commerciales et résidentielles, deux bases militaires, la base aérienne Elmendorf et Fort Richardson. La municipalité et les bases militaires exploitent des décharges contrôlées. La décharge de Fort Richardson pourra encore être utilisée pendant une longue période, mais celle d'Elmendorf et celle de la municipalité seront saturées au début des années 1980. La municipalité cherche activement un nouveau site de décharge, mais il faut s'attendre à une vive opposition locale, peu importe l'emplacement choisi.

Bien qu'il n'y ait pas de solution de rechange viable à l'exploitation d'une décharge contrôlée, il existe plusieurs options qui peuvent réduire la quantité de déchets solides dans la décharge. Cela permettrait de prolonger la durée de vie utile des sites actuels, de réduire le besoin de nouveaux sites et permettre peut-être la récupération des matériaux recyclables.

QUANTITÉ DE DÉCHETS SOLIDES

Dans l'évaluation d'un système de gestion des déchets solides, il est essentiel d'avoir en main des données sur le volume et la composition des déchets solides. Il est possible d'obtenir des données sur les moyennes nationales, mais elles sont insatisfaisantes pour la conception. Il existe dans le pays de nombreuses installations de traitement des déchets qui ne fonctionnent pas de façon appropriée, parce qu'elles ne sont pas conçues en fonction des données particulières du site. Il est également nécessaire de prévoir les quantités de déchets solides à venir puisque les installations principales ont normalement une durée de vie utile de 10 à 25 ans. Ces projections peuvent être faites à partir des prévisions démographiques. Le Planning Department de la municipalité d'Anchorage estime que la ville comptera 500 000 personnes en l'an 2000 (figure 2). La variabilité des prévisions démographiques pour Anchorage est présentée à la figure 3. Les neuf estimations démographiques pour 1988 varient de 180 000 à 345 000 personnes. Ces prévisions, effectuées en 1970, n'étaient même pas uniformes pour l'année 1980, puisqu'elles variaient de 160 000 à 260 000 personnes. Toutefois, la moyenne générale des neuf prévisions rejoint presque la population déclarée en 1980.

À l'aide des prévisions démographiques, il est possible de prévoir les quantités de déchets d'après la production individuelle antérieure. La production moyenne nationale est

* mille carré x 2,590 = km^2

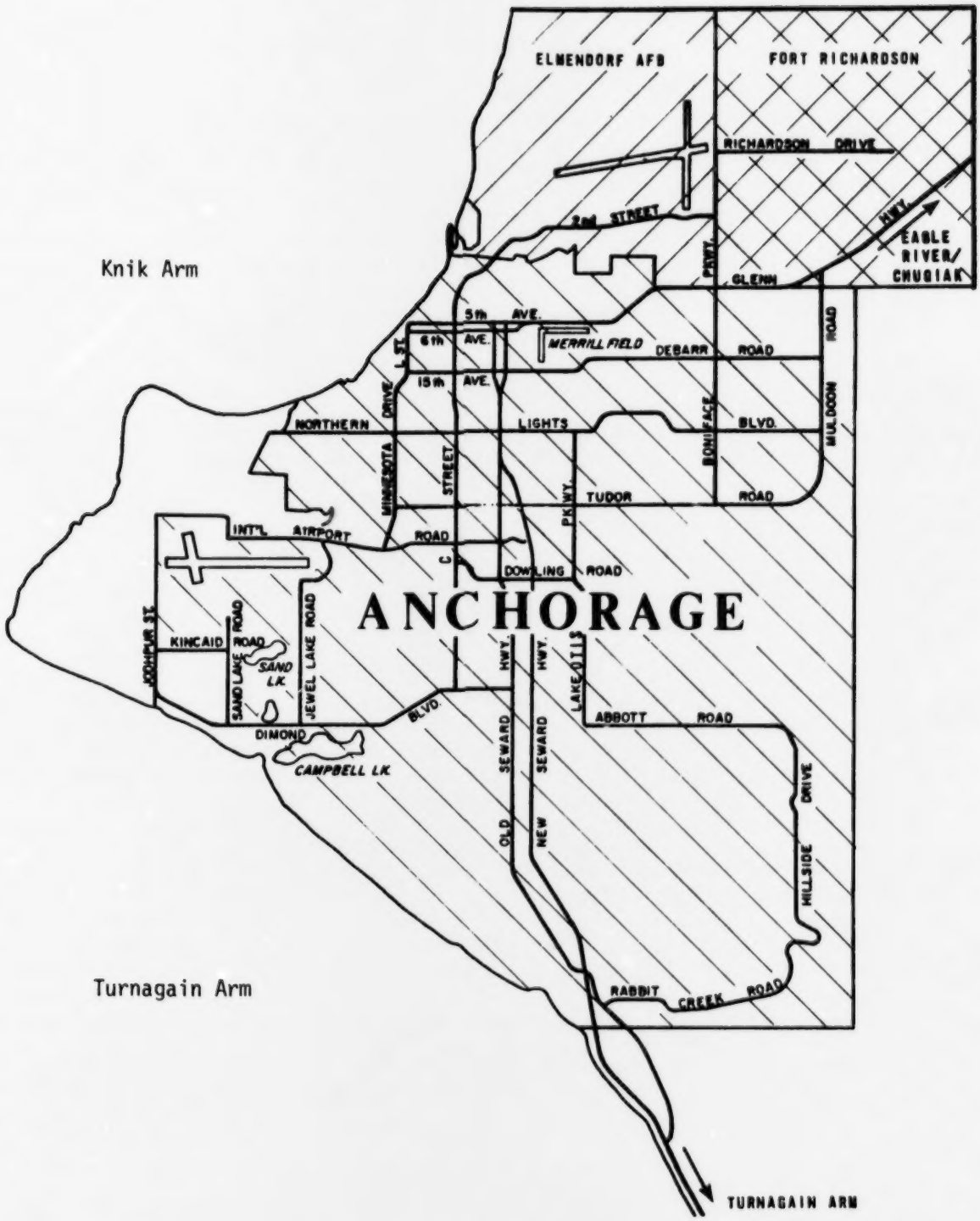


FIGURE 1 ZONES DE PRODUCTION DE DÉCHETS SOLIDES

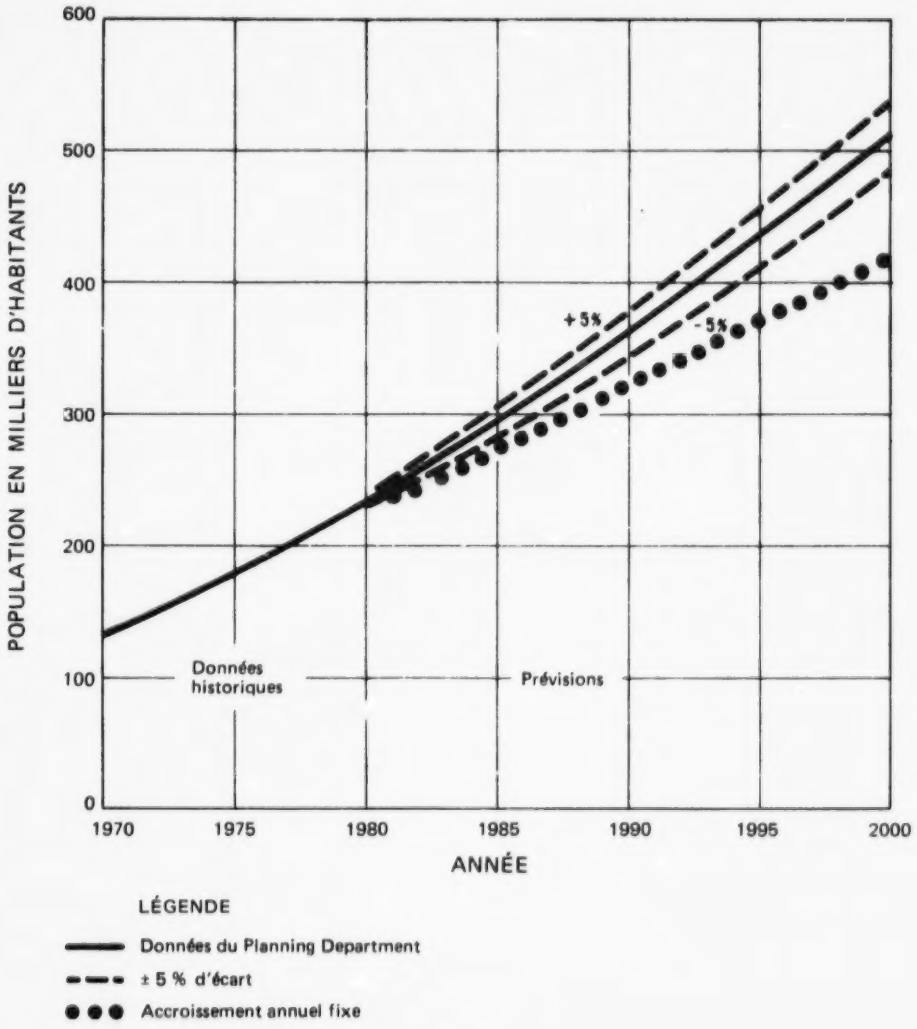


FIGURE 2 PRÉVISIONS DÉMOGRAPHIQUES

de 5,3 lb/pers./d*[1]. Ce total comprend 3 lb/pers./d d'ordures ménagères, 1 lb/pers./d de déchets commerciaux, environ 0,6 lb/pers./d de déchets industriels et 0,2 lb/pers./d proviennent des travaux de construction et de démolition.

Anchorage a produit presque 200 000 tonnes** de déchets en 1981. La population comptait approximativement 200 000 personnes. Donc, la production quotidienne de déchets peut être évaluée à 5,5 lb/pers./d. Du point de vue du recyclage, il est également important de connaître la composition et la répartition dans le temps des déchets solides.

---

1 Hagerty, D.J., Solid Waste Management, Von Nostrand, 1973, p. 14.

* lb/pers./d x 0,4536 = kg par personne par jour

** tonnes x 0,9072 = tonnes métriques

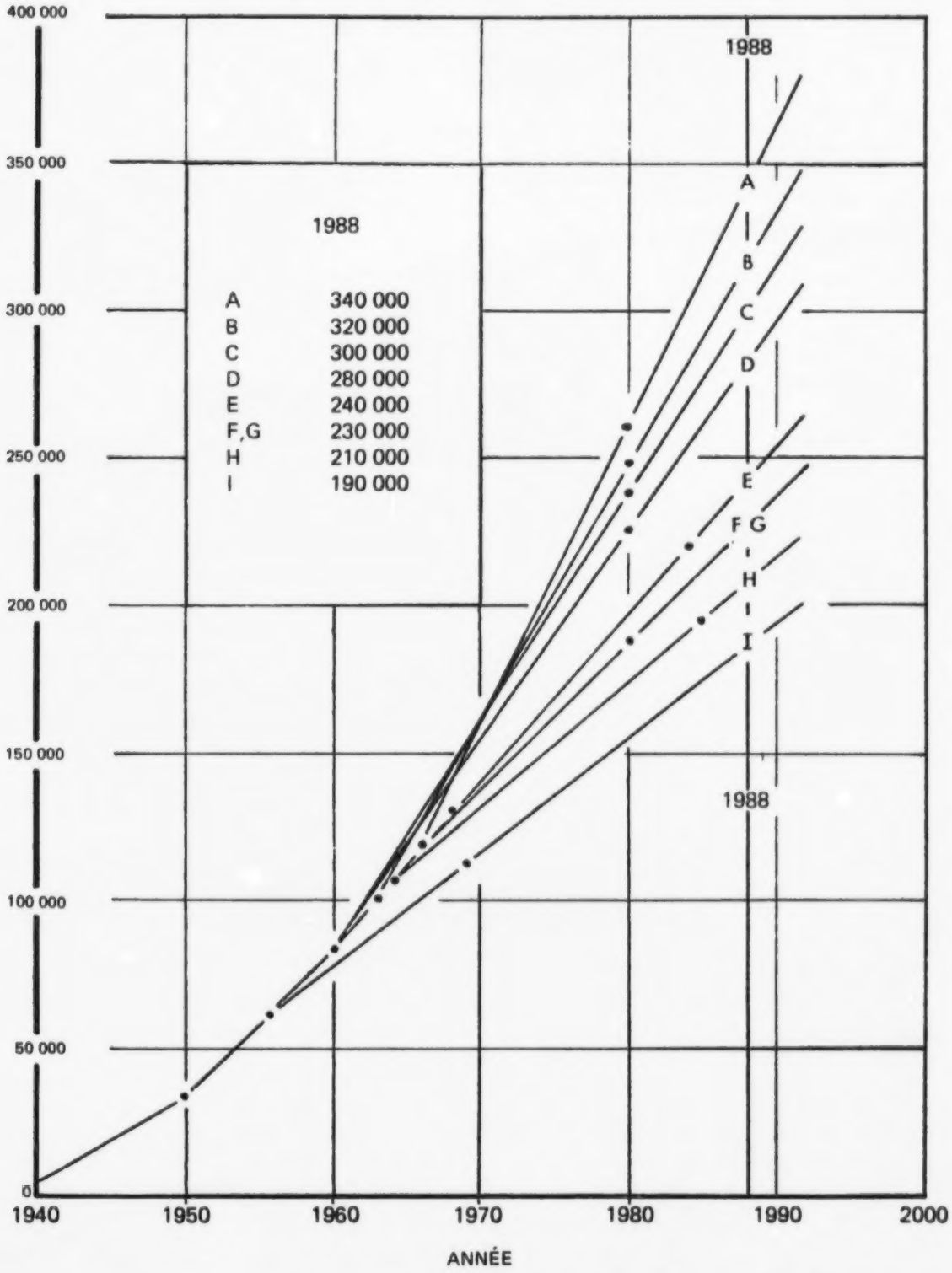


FIGURE 3 VARIABILITÉ DES PRÉVISIONS DÉMOGRAPHIQUES

Cette information, que l'on peut obtenir facilement auprès de la municipalité, est présentée à la figure 4. La production pour les mois de mai, juin, juillet, août et septembre atteint presque le double de celle de l'hiver. Cette information est utile pour l'établissement de calendriers, mais également pour le recyclage, car il est nécessaire de connaître la composition des déchets solides.

La composition des déchets solides d'Anchorage n'est pas très bien connue. De brefs échantillonnages ont été effectués en 1972. Ces résultats sont présentés au tableau 1. Par rapport à la moyenne nationale, les déchets d'Anchorage comprennent beaucoup plus de papier et de verre, et beaucoup moins de déchets potagers. En 1972, la proportion des métaux atteignait presque la moyenne nationale. Malheureusement, les données disponibles ne font pas la distinction entre métaux ferreux et non ferreux. Toutefois, il est presque certain que la proportion de verre a diminué au cours des 10 dernières années, tandis que celle de l'aluminium a augmenté. Ce changement reflète une moindre fréquence de bris et des tarifs de transport moins élevés pour les contenants d'aluminium.

TABLEAU 1 COMPOSITION DES DÉCHETS SOLIDES

	Pourcentage de l'échantillon total			
Classification	Juneau Alaska	Anchorage Alaska	Madison Wisconsin	Moyenne nationale des États-Unis
Déchets alimentaires	15,2	15,2	15,3	17,6
Produits du papier	45,8	43,7	42,4	31,3
Plastiques	4,0	4,1	1,8	6,0
Caoutchouc et cuir	1,3	0,9	-	-
Textiles	3,0	2,1	1,6	1,4
Bois	0,6	1,2	1,1	3,7
Métaux	12,5	10,0	6,7	9,5
Verre et céramique	17,1	14,5	10,1	9,7
Déchets de jardin	-	6,5	13,8	19,3
Matières inertes (poussières)	0,4	1,7	7,2	1,4
Totaux	99,9	100,0	100,0	99,9

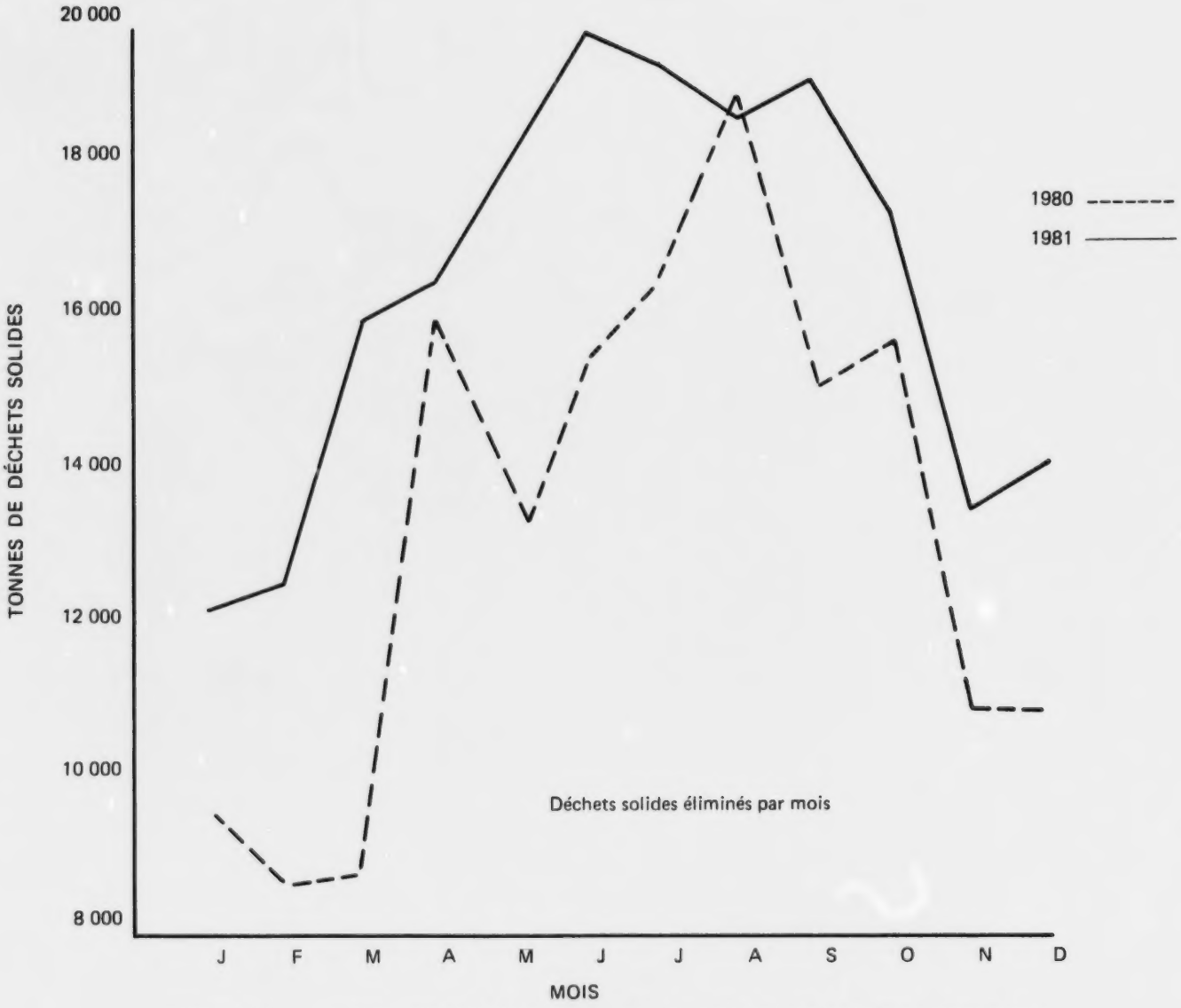


FIGURE 4 ZONE DESSERVIE PAR LE SYSTÈME D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS SOLIDES À ANCHORAGE

INDUSTRIE DU RECYCLAGE

L'industrie du recyclage est très incertaine en raison de l'absence de prix stables. Cela est particulièrement vrai à Anchorage, à cause des coûts de transport extrêmement élevés. L'Anchorage Recycling Center est le seul centre de recyclage universel. Il récupère les journaux, les boîtes en fer-blanc, l'huile de moteur, le papier d'ordinateur et l'aluminium, mais n'achète que les deux derniers articles. L'autre centre de recyclage inscrit, le Green Earth Recycling, a cessé toute activité. Il existe également un marchand de métaux qui achète les métaux non ferreux, et une société d'isolation thermique qui achète les journaux et le papier kraft. Un deuxième centre de recyclage du papier a fermé ses portes. La Chambre de commerce d'Anchorage administre un programme de contrôle des déchets sauvages auprès des jeunes depuis dix ans. Environ 60 conteneurs de récupération sont dispersés dans certains endroits particuliers de la région d'Anchorage. Grâce à ce programme, environ 6 p. 100 des contenants d'aluminium sont récupérés.

POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE DES DÉCHETS SOLIDES

Il est possible de produire du combustible à partir de la fraction volatile ou combustible des déchets. La valeur moyenne de ce combustible est de 11 500 J/g (4957 Btu/lb). Bien qu'il s'agisse d'une quantité considérable, c'est l'équivalence de la conversion qui importe. Il faut tenir compte de la préparation pour le broyage et du classement atmosphérique. L'équivalence de la conversion dépend également de la composition et de la teneur en humidité des déchets.

Bien que la production en déchets solides d'Anchorage atteigne presque la moyenne nationale, la production mensuelle, en pourcentage de la production totale annuelle (figure 5), présente une grande variation. La production mensuelle moyenne n'atteint 8,33 p. 100 (100 ÷ 12) qu'en avril et en octobre. La production estivale est beaucoup plus élevée que la moyenne, celle de l'hiver est de beaucoup inférieure à la moyenne. Les variations saisonnières du volume de déchets sont importantes parce qu'elles déterminent la faisabilité d'installations de production de combustible à partir des déchets. Celles-ci sont des unités de charge de base et le stockage du combustible, pour qu'il demeure sec, ne doit pas dépasser quelques jours. Ce combustible pourrait fournir de l'énergie d'appoint et être utilisé avec un autre combustible pour que la production d'énergie soit constante.

Le papier et le carton représentent de 50 à 70 p. 100 des déchets solides combustibles. Si un programme d'envergure de recyclage du papier était mis sur pied, il s'appliquerait à une fraction importante du volume de déchets et aurait une incidence sur la valeur du combustible produit à partir des déchets.

Dans une décharge contrôlée, comme celles d'Anchorage, 75 p. 100 de la teneur en matières organiques des déchets se décomposent lentement par voie anaérobie. Le produit final mélangé provenant de cette décomposition dépend de facteurs comme la composition, la température et la teneur en humidité des déchets. On sait depuis longtemps que le méthane est l'un de ces produits finals. Plusieurs grandes décharges situées dans des régions tempérées ont été utilisées comme sources de méthane commercial. Toutefois, on prévoit que la production de méthane sera minime à mesure que les températures tombent au-dessous de 5 °C[2]. Sous les latitudes nordiques, les températures annuelles moyennes du sol sont généralement inférieures à 5 °C. La seule manière de produire suffisamment de méthane consisterait à construire un bâtiment chauffé dans une décharge, pour que les pertes de chaleur de l'édifice réchauffent les déchets.

---

[2] Dickason, O.E. et W.C. Melson, "Methane Production in Sanitary Landfills in Cold Regions" Proceedings of Specialty Conference on the Northern Community, ASCE, 1981, p. 508.

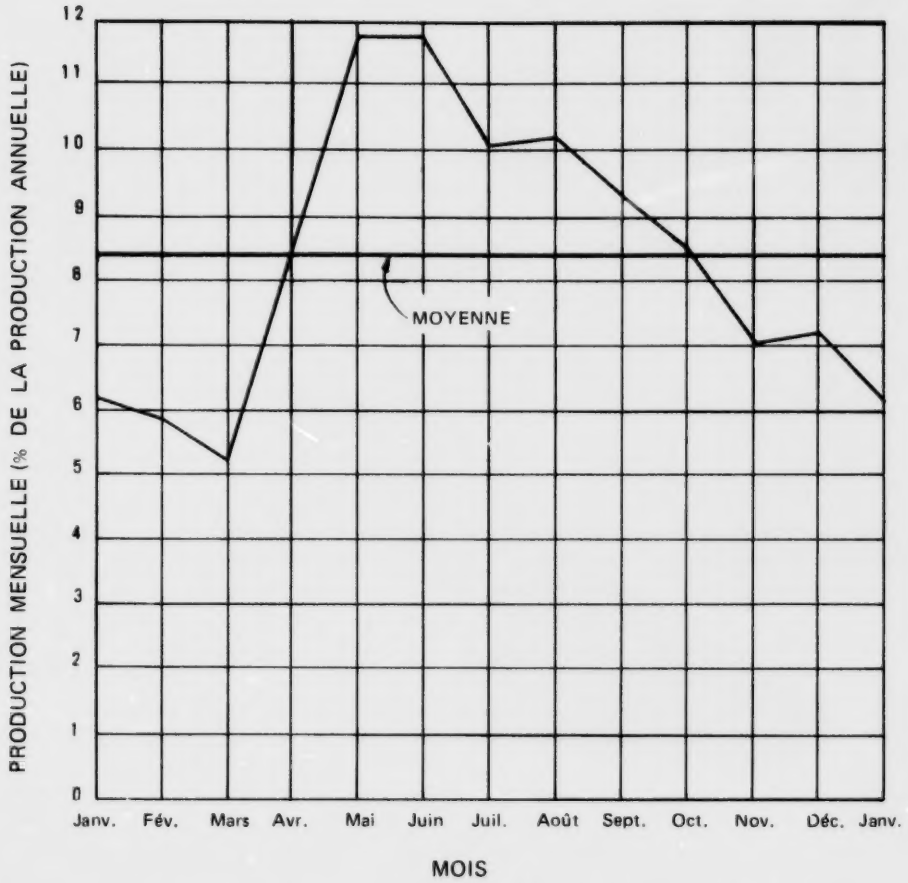


FIGURE 5 PRODUCTION MENSUELLE DE DÉCHETS SOLIDES À ANCHORAGE
Source: Metcalf & Eddy Inc., "Feasibility of Resources From Solid Waste," 1979

MARCHÉS POUR LES MATÉRIAUX RECYCLABLES

Les matériaux potentiellement recyclables dans la région d'Anchorage sont les métaux ferreux, l'aluminium, le cuivre, le plomb, le verre, les journaux, le carton et les cartes perforées. Il n'existe pas de marché local pour ces matériaux à l'exception de quelques journaux. Dans la plupart des cas, les matériaux recyclables doivent être expédiés à Seattle. En règle générale, le transport absorbe environ 25 p. 100 des recettes brutes de la vente des matériaux secondaires. Dans certains cas, les coûts de transport seuls suffisent à justifier l'abandon de la récupération des matières secondaires. Le transport des marchandises à destination ou en provenance de l'Alaska est caractérisé par le fait que 90 p. 100 de la capacité des conteneurs à destination du Sud sont inutilisés[3].

[3] Nebesky, William E., An Economic Evaluation of the Potential for Recycling Waste Materials in Anchorage, Inst. of Social and Economic Research, University of Alaska, 1980.

Les transporteurs fixent les tarifs à destination du Nord de manière à éponger les déficits du transport à destination du Sud, ce qui leur permet d'intégrer la structure tarifaire aller-retour. Bien que les frais supplémentaires pour le transport d'un conteneur vide soient minimes, il est peu vraisemblable que les transporteurs réduisent les tarifs de retour et fassent supporter de nouveau le déficit du transport de retour par les expéditeurs de marchandises à destination du Nord.

Métaux ferreux. Environ 9 p. 100 de tous les déchets solides des zones résidentielles d'Anchorage sont constitués de métaux ferreux. Cela représente environ 1200 tonnes par mois. Les matières de peu de valeur qui se trouvent dans les déchets urbains n'ont pas la haute qualité qui intéresse habituellement les récupérateurs de ferraille. Les trois marchés pour les déchets urbains sont le désétamage, la précipitation du cuivre et la refonte.

La "boîte en fer-blanc" typique est un contenant en acier recouvert de fer-blanc. Elle est composée de 4 parties de fer-blanc contre 96 parties d'acier. Ainsi, les 4300 tonnes de boîtes en fer-blanc qui ont été laissées sur les lieux des décharges d'Anchorage en 1979 contenaient 1972 tonnes de fer-blanc. Les producteurs de fer-blanc paient environ $7 la livre* le matériau récupéré. Les boîtes en fer-blanc constituent environ la moitié des métaux ferreux de rebut provenant des zones résidentielles d'Anchorage. Actuellement, le prix de la boîte en fer-blanc, à Seattle, est inférieur aux frais de transport.

Le marché de la précipitation du cuivre n'existe ni à Anchorage ni à Seattle, mais c'est surtout pour le raffinage du minerai de cuivre que l'on emploie les boîtes en fer-blanc. Pour les minerais riches en oxydes, une méthode de lixiviation, fondée sur l'échange d'ions cuivre-fer, est appliquée en utilisant des contenants désétamés comme source de fer. Le minerai est déchargé sur de gros tas de boîtes en fer-blanc, sur lesquels on verse une solution de 5 à 10 p. 100 d'acide sulfurique. Le minerai réagit à l'acide sulfurique et il se forme du sulfate de cuivre. Lorsque le sulfate de cuivre atteint les boîtes en fer-blanc, il se forme du sulfate ferreux et le cuivre est précipité sur les boîtes. Le cuivre précipité est lessivé, décanté et soumis à une opération de fonte[4]. L'Arizona et l'Utah achètent environ 5 p. 100 des boîtes récupérées dans les régions urbaines.

Métaux non ferreux. La récupération du cuivre et du plomb est déjà effectuée par des récupérateurs de la région d'Anchorage, et une très faible proportion de ces métaux se trouve dans les déchets urbains. Tous les fabricants d'aluminium sont extrêmement intéressés par les déchets d'aluminium. La production d'aluminium à partir de minerai vierge exige énormément d'énergie (134 700 Btu/lb)**. La production d'aluminium à partir de matières recyclées (5000 Btu/lb) représente une économie d'énergie de 96 p. 100. Comme les quantités estimées de déchets d'aluminium s'élèvent à 1800 tonnes par année à Anchorage et que le prix de ce produit est d'environ $540 la tonne, il est facile de justifier le coût de transport de $35 la tonne d'Anchorage à Seattle. Le tarif correspondant de transport des déchets d'acier n'est que de $21 la tonne. Cette différence est attribuable à la structure tarifaire particulière qui prévoit des taux plus élevés pour les marchandises de valeur supérieure.

---

* lb x 0,4536 = kg

** pouce x 25,40 = mm

[4] Drobny, N.L., et coll., "Recovery and Utilization of Municipal Solid Waste", U.S. EPA, 1971, p. 86.

Le problème de la récupération de l'aluminium dans les ordures ménagères réside dans le fait que la technologie de séparation de l'aluminium n'a pas été mise au point pour la récupération économique des déchets d'aluminium à partir des ordures ménagères broyées. Ainsi, toute récupération normale serait limitée à la séparation à la source et au tri à la main avant le broyage. L'aluminium est l'élément qui a le plus de valeur dans les ordures ménagères et la demande d'aluminium recyclable est illimitée.

Verre. Le verre peut présenter un certain intérêt pour le recyclage, parce qu'il est propre et peut être traité à de nombreuses reprises sans perte de résistance. Toutefois, les normes concernant la contamination et la couleur sont rigoureuses, l'économie d'énergie ne représente que 8 p. 100 et les matières brutes pour la fabrication du verre sont peu coûteuses. Sur les 13 millions de tonnes de verre utilisées à l'échelle nationale, seulement 3 p. 100 sont recyclées. Le verre peut être recyclé sous forme de verre broyé (groisil), ou sous forme de contenants réutilisables. Il n'y a pas de méthode économique pour séparer le verre des ordures ménagères, de sorte que la séparation à la source est la seule façon d'obtenir du verre non contaminé pour le recyclage.

Des produits spécialisés peuvent être fabriqués à partir des déchets de verre. Le groisil peut être utilisé à la place du sable comme agrégat dans un matériau appelé "glasphalt" pour le revêtement des routes. Les déchets de verre sont également utilisés dans la fabrication des briques de construction, du coulis d'étanchéité (produit d'étanchéité pour revêtement), de la laine de verre et du verre cellulaire.

Les contenants de verre constituent 90 p. 100 des déchets de verre. Environ la moitié de cette quantité est composée de contenants de boisson, le reste de contenants alimentaires et industriels. On estime que les déchets d'Anchorage contiennent chaque année environ 16 000 tonnes de verre. Le prix du groisil à Seattle varie de 12 à $25 la tonne. Comme les frais de transport d'Anchorage à Seattle sont d'environ $25 la tonne, la faible valeur de récupération ainsi que la quantité de verre en baisse dans les déchets d'Anchorage ne justifient guère les opérations de la récupération du verre.

Plastiques. Les plastiques représentent environ 4 p. 100 des déchets urbains. Environ la moitié des déchets plastiques proviennent des produits d'emballage et cette proportion augmente de façon considérable avec la prolifération sur le marché des contenants de boisson en plastique. Le plastique est difficile à récupérer dans les déchets solides et il a un potentiel très limité pour le recyclage local. Le recyclage direct exige le broyage et la fonte pour mouler les nouveaux produits plastiques. Bien que ce procédé offre certaines possibilités, il est très peu pratiqué.

Papier. Le papier constitue approximativement 45 p. 100 des déchets urbains d'Anchorage, dont à peu près la moitié provient de l'emballage. Le papier a une valeur combustible, mais la fibre recyclée a plus de valeur encore. L'énergie nécessaire pour produire du papier à partir de rebuts représente environ 60 p. 100 de l'énergie requise pour la fabrication du papier. Malheureusement, le recyclage réduit de façon considérable la résistance du papier à cause du rapetissement des fibres, de sorte que le papier recyclé perd de sa qualité à chaque nouveau traitement.

Les journaux sont les déchets de papier les plus abondants à Anchorage. Environ 8900 tonnes sont récupérées chaque année. Les journaux servent de combustible et sont utilisés dans la fabrication locale de cellulose isolante. Les fabricants locaux paient $25 la tonne ($0,0125 la livre). Après le traitement, l'isolant est vendu $486 la tonne; il a une valeur R de 3,7 par pouce*.

---

* pouce x 25,40 = mm

Les contenants en carton ondulé représentent de 40 à 70 p. 100 des déchets du commerce de détail. À Anchorage, 25 p. 100 des déchets de papier de la décharge municipale sont constitués de carton ondulé. Celui-ci est un produit très volumineux et nécessite le compactage pour assurer la rentabilité du transport. Dans certains cas, les commerces de détail qui entretiennent un trafic régulier réexpédient le carton ondulé de rebut dans les remorques vides à destination du Sud. Actuellement, les magasins Safeway d'Anchorage chargent leurs propres conteneurs de carton ondulé, pour éviter de les retourner à vide à Seattle.

Les déchets de papier de bonne qualité comprennent de grands livres, des imprimés d'ordinateurs et des cartes perforées. Il existe à Seattle un marché local pour le papier de qualité; le prix des imprimés d'ordinateurs dépasse $200 la tonne. Anchorage, selon les estimations, utilise au total 3000 tonnes de papier. Le moyen le plus facile de récupérer le papier de bonne qualité est de le faire directement à la source, c'est-à-dire dans les bureaux.

RÉSUMÉ

L'accumulation de déchets urbains à Anchorage est un problème permanent qui, selon les tendances actuelles, pourra encore s'amplifier. Le principal obstacle à la mise sur pied de systèmes locaux de recyclage est l'éloignement de l'Alaska par rapport aux marchés de matières secondaires. Le recyclage du papier, de la ferraille et de l'aluminium à Anchorage, fondé sur la séparation à la source, est techniquement et économiquement faisable. Le recyclage ne peut être considéré en lui-même comme un système complet de gestion des déchets, mais pour des raisons économiques, de conservation et d'environnement, il devrait être considéré comme un secteur important de la gestion des déchets solides. Les avantages esthétiques découlant d'une réduction de la pollution et du nettoyage de l'emprise des routes n'ont pas été évalués, mais ce sont des aspects importants du recyclage.

INSTALLATIONS SOUTERRAINES DES SERVICES PUBLICS DE BARROW, ALASKA

John L. Cerutti et Winston L. Zirjacks
Frank Moolin & Associates, Anchorage, Alaska

C.T. Hwang
EBA Engineering Consultants Ltd., Edmonton, Alberta

Donald E. Bruggers
Harding Lawson Associates, Anchorage, Alaska

INTRODUCTION

La ville de Barrow, située dans la plaine côtière de l'Arctique, est l'agglomération la plus septentrionale des États-Unis; elle compte actuellement environ 3200 habitants. On peut décrire la ville comme une agglomération moderne composée surtout d'Inuit de l'Arctique, servant de centre gouvernemental pour la vaste région de North Slope Borough (voir figure 1). La chasse à la baleine et au gibier constitue toujours un des principaux moyens de subsistance des résidents.

FIGURE 1 CARTE DE LA RÉGION DE BARROW

La ville de Barrow n'est pas desservie par un réseau de canalisations d'eau et d'égouts. L'eau est pompée à partir de la partie supérieure de la lagune Isatkoak jusqu'aux installations de traitement de Barrow. L'eau traitée est ensuite livrée aux résidents par des transporteurs privés. Pour leurs besoins en eau potable, de nombreux ménages vont également quérir de la glace dans les sources d'eau claire situées au sud de la ville.

La collecte des eaux usées se fait dans des réservoirs ou des sacs hygiéniques; un système privé de camionnage se charge de transporter les déchets jusqu'à la décharge de South Salt Lagoon. Les eaux usées sont évacuées avec les ordures ménagères et laissées sur les lieux de la même décharge.

North Slope Borough veut améliorer la situation en construisant un réseau de canalisations d'eau et d'égouts pour des raisons d'hygiène publique, de commodité et d'esthétique. Des études de faisabilité concernant des réseaux enfouis ou installés au-dessus du sol ont été effectuées dans ce contexte.

Après avoir évalué les recommandations, les paramètres de calcul et les risques, North Slope Borough a décidé d'installer un réseau souterrain d'utilidors (figure 2). Cette option présente les coûts en capital les plus élevés et les coûts d'entretien les plus bas de toutes celles qui ont été envisagées. Éventuellement, il serait aisé de prolonger le réseau de services publics, et le système est le plus avantageux du point de vue esthétique.

On a également recommandé que le réseau d'utilidors soit construit à l'aide de matériaux fabriqués à Barrow par la main-d'oeuvre locale.

Plusieurs matériaux de construction ont été examinés et il semble que des utilidors en bois pourraient le mieux répondre aux besoins de North Slope Borough. Un prototype en bois a été construit et des essais de charge ont été effectués à l'Université de l'État de Washington.

North Slope Borough a étudié la conception du prototype, les coûts et la main-d'oeuvre disponible, et on a décidé de poursuivre dans cette voie. C'est alors qu'on a demandé à Frank Moolin and Associates de préparer un plan pour la construction d'un réseau souterrain d'utilidors en bois.

Ce projet sans précédent comportait certaines inconnues, notamment les possibilités de construction dans le pergélisol et les conditions rigoureuses de l'hiver arctique, ainsi que la possibilité de chauffer les utilidors en présence d'un pergélisol riche en glace. Une section d'essai a été construite et exploitée dans un sol riche en glace, pour évaluer les différentes méthodes de construction et vérifier les études thermiques effectuées à partir d'un modèle informatique. Cet article présente le principe de conception préliminaire, décrit les méthodes de construction de la section type, les appareils utilisés, les observations sur la construction et les résultats globaux.

PERGÉLISOL

Le pergélisol règne sur toute la plaine côtière de l'Arctique. Le fond de la zone de pergélisol dans la région de Barrow se trouve entre 300 et 400 mètres sous la surface. La température annuelle moyenne de l'air dans la région est d'environ -12 °C (figure 3). Les variations saisonnières de la température atmosphérique influent sur les températures du pergélisol jusqu'à une profondeur approximative de 30 mètres. Le sol polygonal est courant dans la région de Barrow: ce phénomène se produit quand l'eau s'accumule dans les fissures de traction créées au moment des contractions du sol, lorsque la température est extrêmement basse en hiver. Ce processus, qui se répète indéfiniment, entraîne la formation de grosses masses de glace qui s'étendent verticalement jusqu'à 5 mètres sous la surface du sol. La glace souterraine peut constituer jusqu'à 80 p. 100 du volume total du sol dans les trois ou cinq premiers mètres où se trouvent des matières à fine

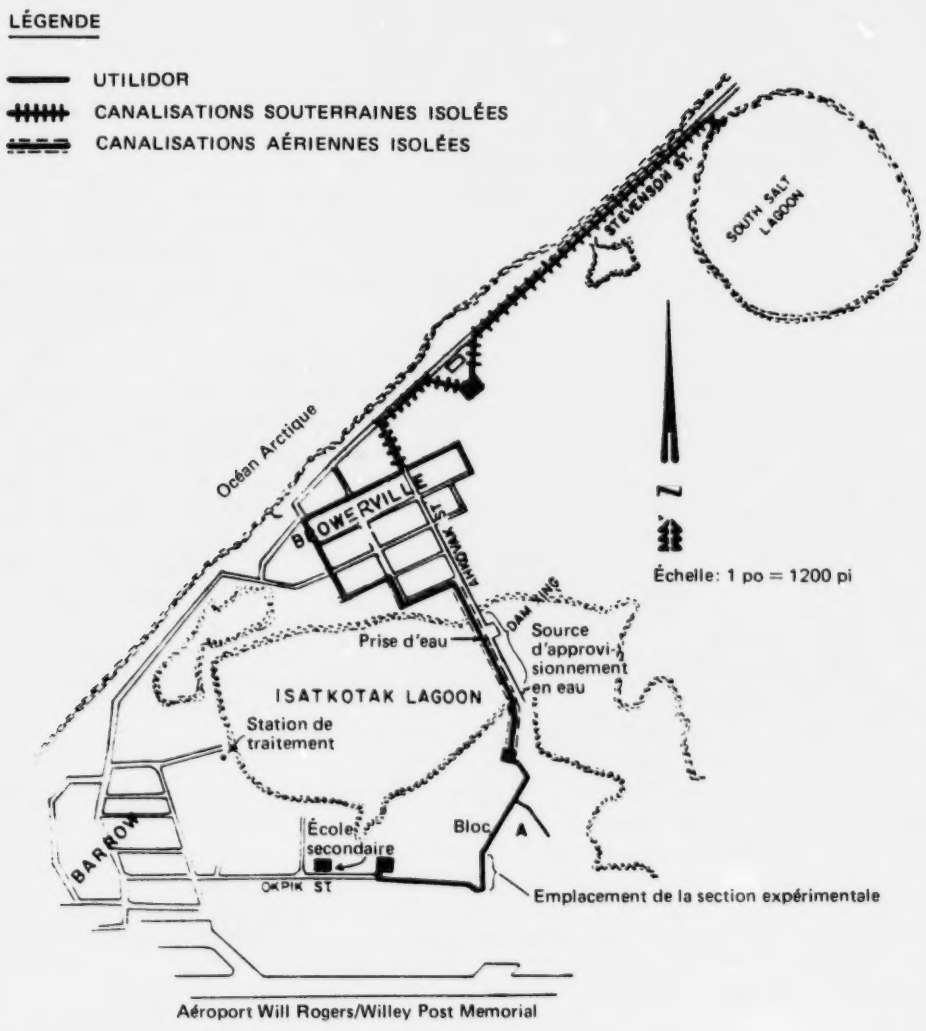


FIGURE 2 CARTE DE LOCALISATION

granulométrie, comme le limon. Des descriptions géologiques détaillées de la région de Barrow sont disponibles dans Black, "Guhik Formation" et Lewellen, "Studies of the Alluvial Environment".

Les zones résidentielles de la région de Barrow comprennent des habitations et des ouvrages où prédominent les charpentes en bois; les constructions reposent sur des piliers de fondation de manière à résister aux fluctuations saisonnières du sol, qui sont courantes dans l'Arctique. La végétation normale de la toundra arctique a disparu dans les zones de construction en raison des activités humaines. Ces zones sont habituellement recouvertes de gravier pour stabiliser la fonte du pergélisol voisin.

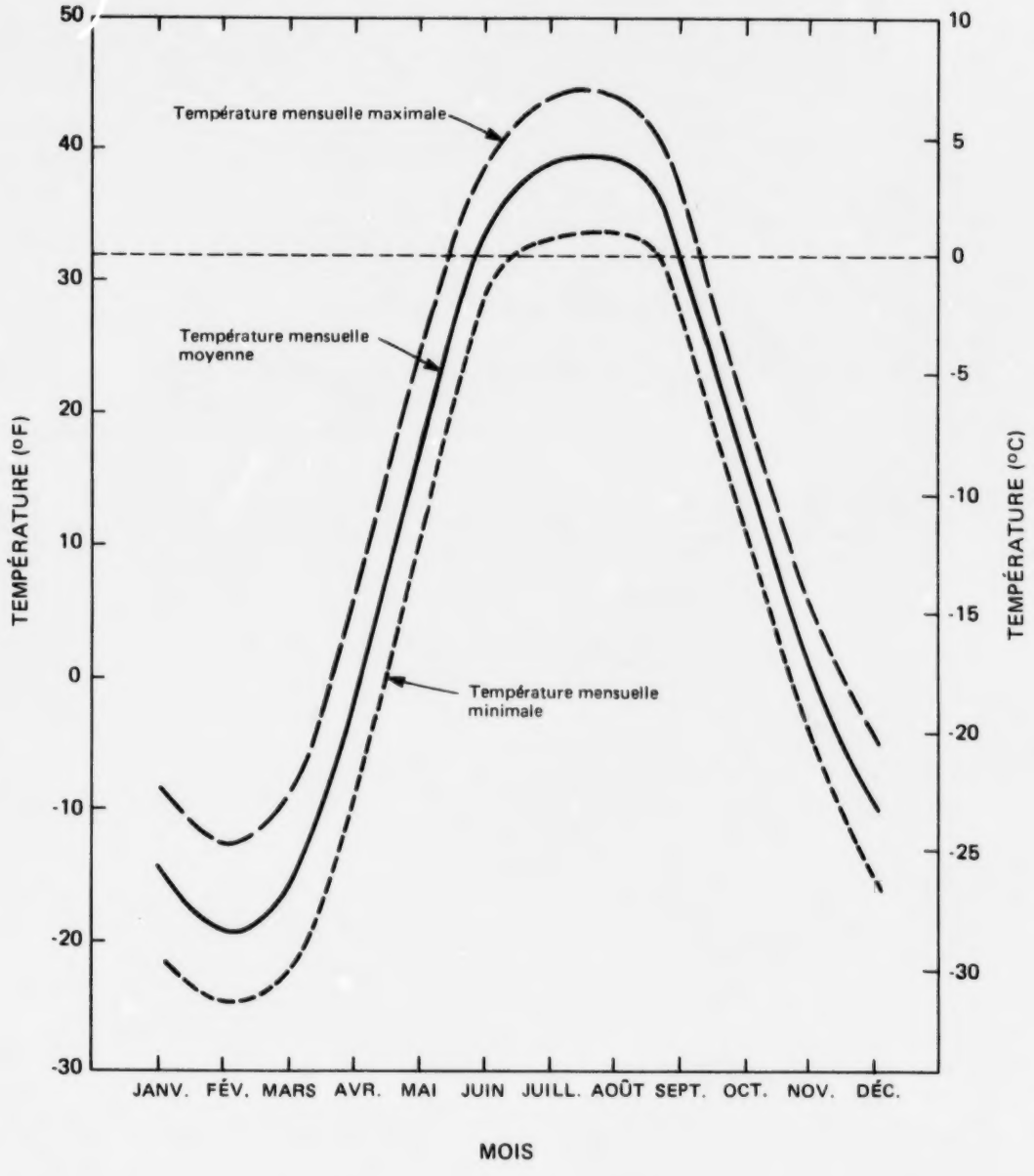


FIGURE 3 CONTRÔLE À LONG TERME DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR À BARROW

Les zones laissées à leur état naturel présentent des buttes couvertes de carex. La couche active soumise au gel et au dégel saisonniers a environ 0,5 m dans les zones non perturbées, et varie dans les zones remaniées proportionnellement à l'épaisseur de la couche de gravier.

Les routes, isolées et recouvertes de gravier, se stabilisent après plusieurs années d'un tassement dû à la dégradation thermique. D'autres apports de gravier sont faits au fur et à mesure du tassement des routes; après la stabilisation, l'épaisseur varie entre 0,9 m et 1,6 m.

Le ruissellement en surface est insuffisant dans toute la région, et la formation d'étangs se produit surtout pendant le dégel du printemps. Le ruissellement est également entravé par le soulèvement continuel dû au gel qui se produit aux entrées et aux sorties des caniveaux.

La sensibilité à la dégradation thermique du pergélisol riche en glace entourant le réseau d'utilidors chauffés nécessite une analyse thermique approfondie, de même que des méthodes rigoureuses de construction, pour préserver le régime thermique du sol.

CONCEPTION DU RÉSEAU D'UTILIDORS

Le réseau d'utilidors est conçu pour contenir les canalisations d'eau et d'égout , les lignes électriques et téléphoniques et le câble de télévision. La température à l'intérieur doit être maintenue au-dessus du point de congélation à l'aide d'un système de circulation d'eau chauffée; un espace suffisant doit être prévu pour permettre l'accès au personnel d'entretien (figure 4).

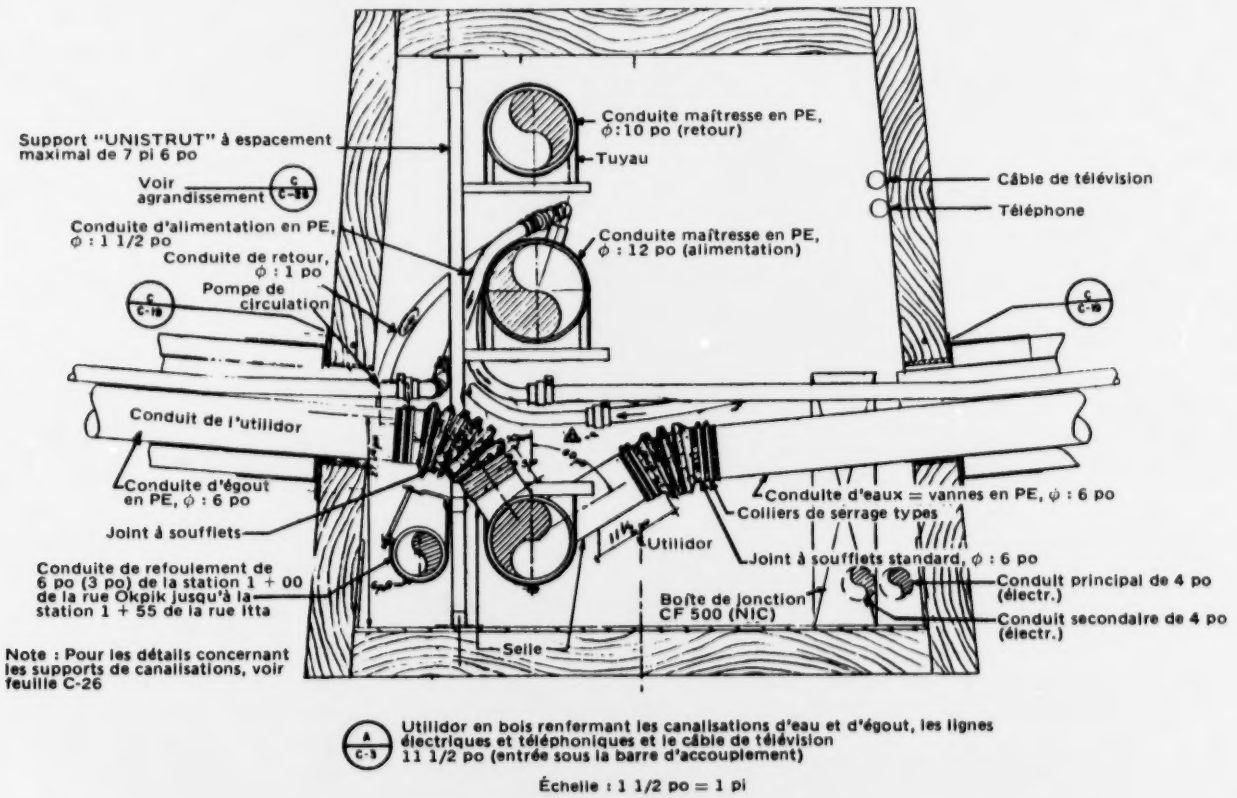


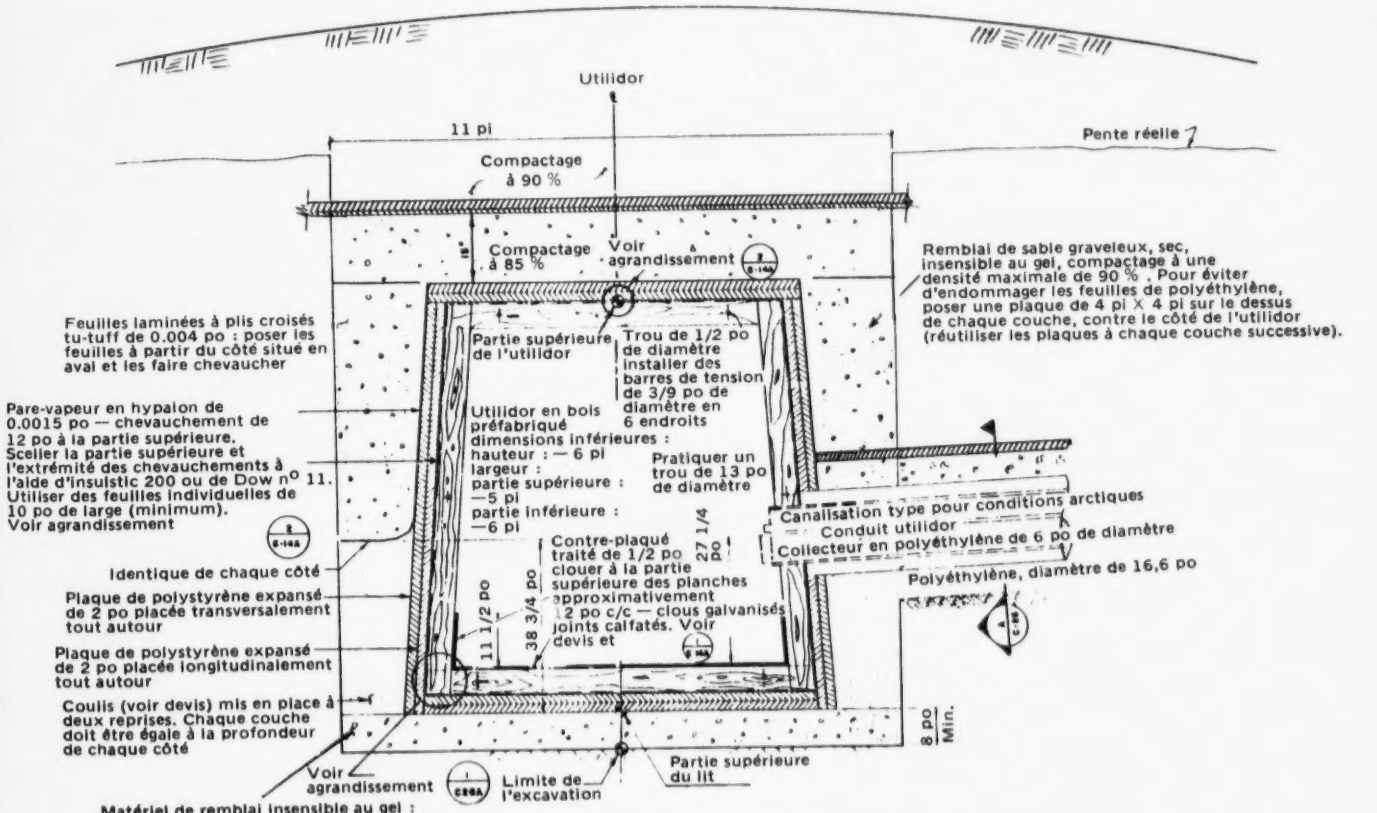
FIGURE 4 SECTION TYPE DE L'UTILIDOR

Comme le montre la figure 5, les utilidors sont en bois d'oeuvre de 5 cm x 15 cm (pin Douglas), avec le côté large des planches dos à dos. Les sections d'utilidors ont une longueur d'environ 3 m et contiennent six barres d'accouplement en acier.

En prévision de conditions éventuellement humides et à 7 °C, les pièces en bois sont traitées sous pression avec une solution d'huile contenant 5 p. 100 de pentachlorophénol et soumises à un processus de cellule à vide, afin de garantir un taux de rétention de 10 p. 100.

La conception est basée sur une charge sur roue maximale de 57 000 livres pour une surface de contact de pneu de 76 cm x 91 cm et une charge au sol de 1270 kg/m^2, à une profondeur de 76 cm dont 10 cm sont occupés par de la mousse de polystyrène. Une charge nominale résultante de 9760 kg/m^2, qui comprend la charge permanente du sol et de la structure, a été choisie comme base de conception.

À l'extérieur, l'utilidor est équipé d'un coupe-vapeur imperméable recouvert d'un isolant de 100 mm (4 pouces). Le coupe-vapeur est destiné à éviter les dommages dus à la formation de gel à l'intérieur des couches isolantes; il a également pour fonction de retenir l'eau chaude à l'intérieur de l'utilidor, en cas de fuites ou de bris de canalisation.



Note : Les détails de construction concernant le pare-vapeur, le polystyrène expansé, le tu-tuff, le contre-plaqué, le lit de la tranchée et le matériau de remblai sont caractéristiques pour les points d'angle, les boîtiers d'intersection et les jonctions des regards de visite, à moins d'indication contraire.

FIGURE 5 SECTION TYPE D'UTILIDOR

Une membrane d'étanchéité imperméable est ensuite posée par dessus l'isolant pour chasser les petites quantités d'humidité provenant du front de chaleur créé par l'utilidor. On a prévu des regards de visite en métal préfabriqués.

Les branchements de service seront effectués au moyen de conduits utilidor comprenant une canalisation pré-isolée en polyéthylène (voir figure 6). Ces conduits achemineront les diverses canalisations latérales vers des boîtiers de service en métal semblables aux regards de visite. Les branchements multiples seront alimentés à partir de ces boîtiers de service.

L'eau sera distribuée aux habitations à l'aide de petites pompes de circulation situées à l'intérieur de l'utilidor. Toutes les eaux usées pourraient se retrouver dans un étang aérobie-anaérobie à South Salt Lagoon (figure 2).

Après l'installation de la structure de l'utilidor, du sable graveleux sec a été utilisé pour le remblayage; de l'eau a été ajoutée pour effectuer le compactage. Ce matériau présente une déformation due au dégel d'environ 2 p. 100 si sa teneur en humidité était de 3 ou 4 p. 100 lorsqu'il a été mis en place. Une méthode semblable a été utilisée pour l'installation du conduit utilidor[1]. Des tampons de bentonite et de sable ont été placés dans toutes les tranchées pour empêcher les mouvements d'eau souterraine.

CONCEPTION THERMIQUE

Il est d'une importance primordiale, au stade de la conception, de s'assurer que les installations enfouies et le pergélisol environnant soient compatibles. Comme le pergélisol riche en glace de la région de Barrow est sensible à la dégradation thermique, il faut effectuer des analyses techniques approfondies. Il est également nécessaire que les méthodes de construction soient rigoureuses si le régime thermique du sol environnant les installations doit demeurer stable. À l'étape de la conception des structures, il faut prendre en considération les éléments suivants:

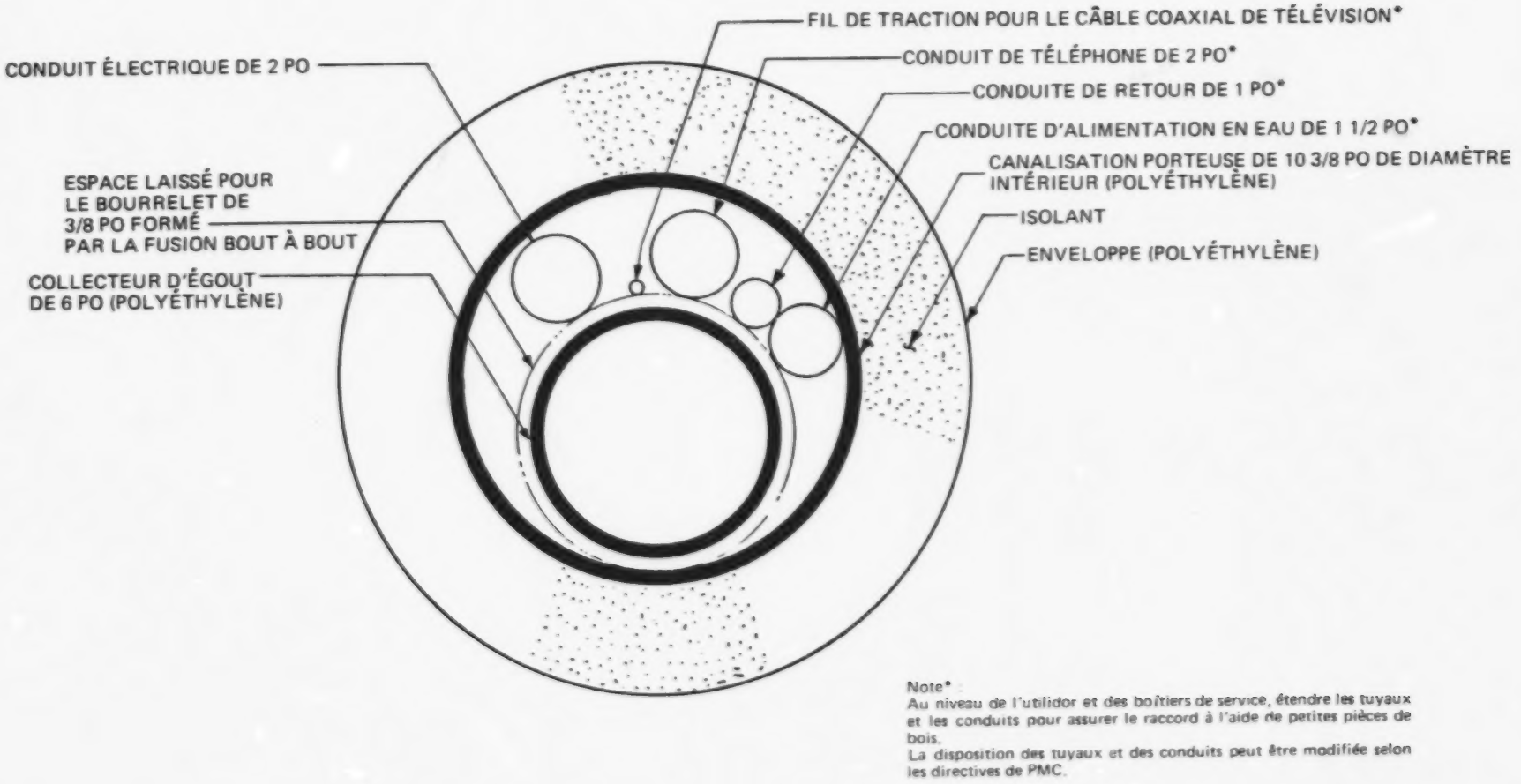
a) le soulèvement dû au gel, l'affaissement dû au dégel et les problèmes de pression hydrostatique résultant du gel et du dégel saisonniers des sols environnants et des coins de glace souterrain;
b) l'intégrité structurale en réaction aux cycles de gel-dégel;
c) l'incidence sur le régime thermique de l'infiltration possible d'eau souterraine;
d) le gel possible des tuyaux d'eau à l'intérieur de l'utilidor ou du conduit utilidor pendant les périodes d'arrêt ou d'entretien;
e) l'incidence des travaux de construction, des routes avoisinantes, etc., sur le régime thermique du sol.

Le modèle géothermique EBA (Hwang, 1976), a été utilisé pour effectuer des analyses thermiques approfondies concernant:

a) la configuration de l'isolant de la structure des installations;
b) l'effet de la profondeur d'enfouissement;
c) la stratigraphie du sol, par exemple celle des zones riches en glace par rapport aux sols à faible teneur en glace;
d) la baisse du point de congélation attribuable à la salinité des eaux souterraines;
e) la perturbation des conditions météorologiques, deux années "chaudes" successives après la construction, par exemple, et les effets à long terme sur le régime thermique du sol.

---

[1] N.D.T. Néologisme qui désigne un type de canalisation isotherme pour utilités, connu en anglais sous le nom d'UTILIDUCT.



Note*
Au niveau de l'utilidor et des boîtiers de service, étendre les tuyaux et les conduits pour assurer le raccord à l'aide de petites pièces de bois.
La disposition des tuyaux et des conduits peut être modifiée selon les directives de PMC.

FIGURE 6 CONDUIT UTILIDOR

Voici les paramètres d'entrée pour le modèle géothermique:

a) les données météorologiques de Barrow: les données sur la température de l'air, la vitesse des vents, l'épaisseur de la neige, le rayonnement de grandes longueurs d'ondes et de courtes longueurs d'ondes, et l'évapotranspiration à la surface du sol;
b) les propriétés thermiques du sol.

Les critères de conception étudiés sont les suivants:

a) le sol ou les matériaux de remblai autour des installations doivent rester gelés en permanence pour éviter les cycles de gel-dégel;
b) la moitié ou plus de l'utilidor ou du conduit utilidor doit se trouver sous la profondeur maximale de pénétration de l'isotherme de -1,1 °C (30 °F), pour tenir compte de la baisse possible du point de congélation en raison de la salinité du sol.

La figure 7 montre la pénétration nominale maximale des isothermes de 0 °C, - 1,1 °C et - 2,2 °C autour d'une section d'utilidor type. La figure 8 montre la pénétration de ces isothermes après deux années "chaudes" successives, suivie d'un retour à leur position présentée à la figure 7, après une année normale. Pour la simulation de l'année "chaude", on a considéré les températures mensuelles maximales de l'air, à partir des données sur le climat de Barrow; pour simuler une année normale, on a utilisé les températures moyennes de l'air (figure 3).

La figure 9 indique les isothermes présents autour d'une section de conduit utilidor pour des températures normales de l'air.

SECTION EXPÉRIMENTALE

Pour évaluer les techniques de construction et vérifier les paramètres de la conception thermique, une section d'utilidor située dans le bloc A (figure 2) a été isolée et dotée d'appareils de mesure en mai 1981. Les techniques d'excavation appliquées furent le creusement de tranchées à l'aide d'une perforatrice "Rocsaw" et le dynamitage. Des cloisons isolées mobiles ont été placées à l'intérieur de la section expérimentale, pour évaluer le régime thermique du sol environnant dans les cas suivants:

1. une section a été chauffée pour simuler les températures de 4 °C à 9 °C prévues à l'intérieur de l'utilidor;
2. une autre section a été chauffée pour simuler les conditions extrêmes d'un intérieur dont la température atteint 32 °C;
3. les parties restantes de l'utilidor ont été maintenues à des températures proches de la température ambiante.

Il était également prévu d'observer les transformations de différents matériaux de remblai placés à proximité des sections équipées d'instruments.

Les appareils de mesure de pression, des piézomètres et des thermistors ont été installés en divers endroits autour de l'utilidor (voir figure 10, 11 et 12).

La section expérimentale a été construite dans une zone de toundra non remaniée.

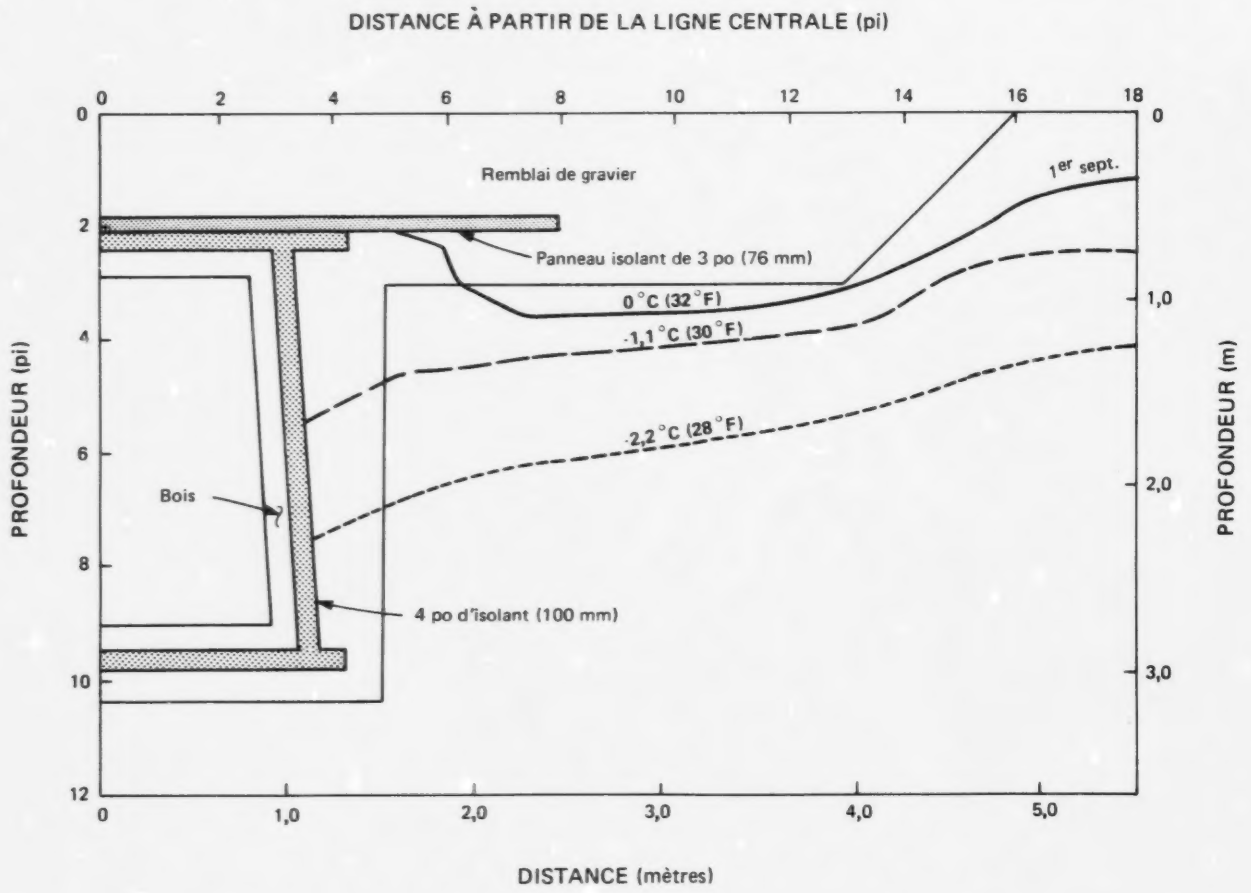


FIGURE 7 PÉNÉTRATION MAXIMALE DES ISOTHERMES DE 0 °C (-1,1 °C, -2,2 °C) AUTOUR DE L'UTILIDOR

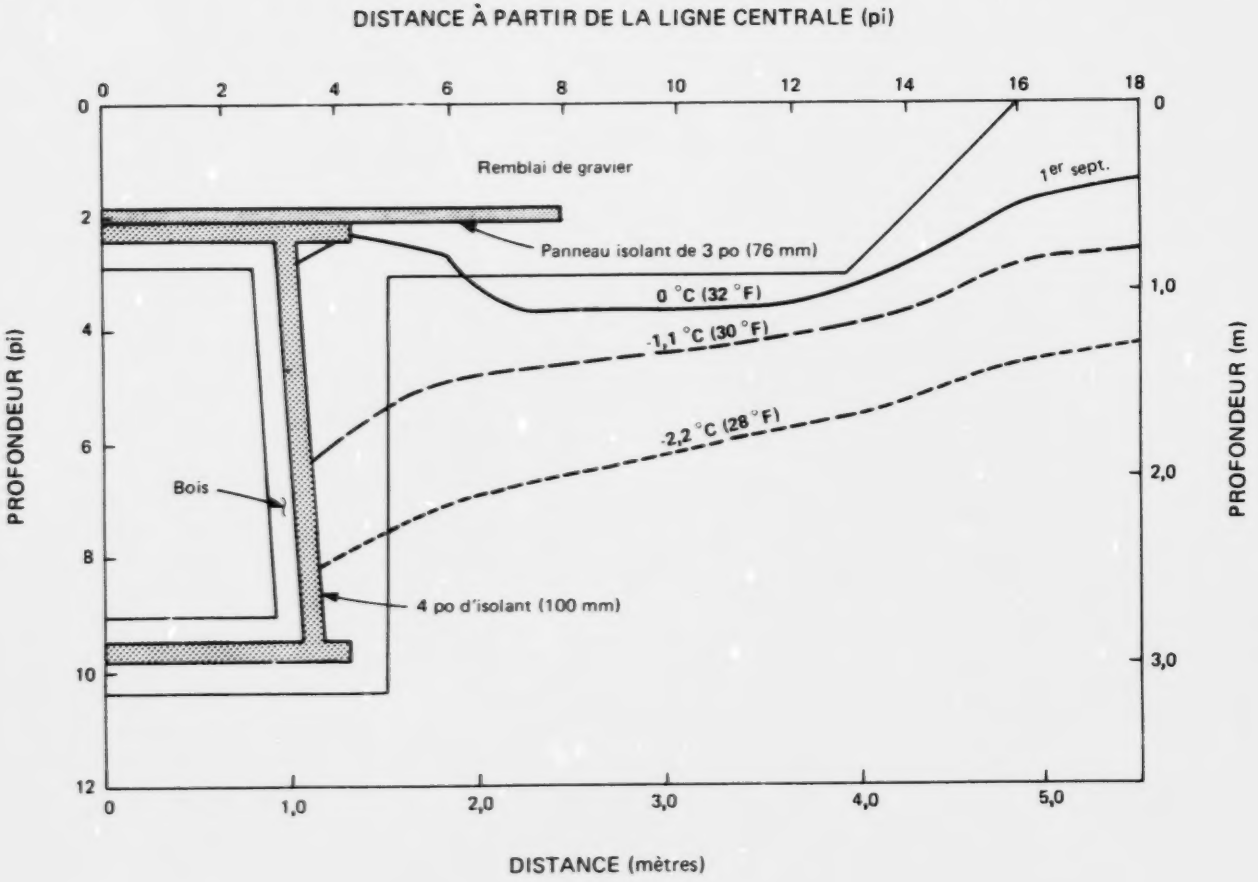


FIGURE 8 PÉNÉTRATION MAXIMALE DES ISOTHERMES DE 0 °C AUTOUR DE L'UTILIDOR (CAS TYPE D'UNE ANNÉE "NORMALE" APRÈS DEUX ANNÉES CHAUDES SUCCESSIVES)

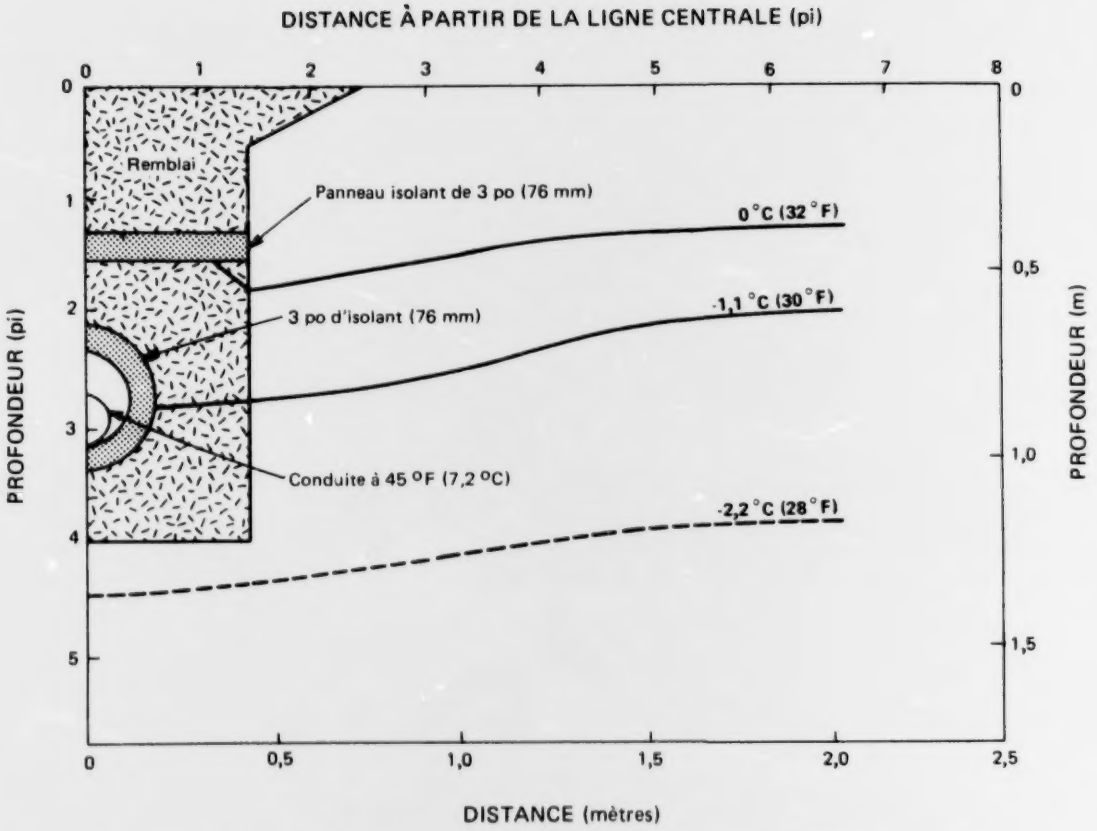


FIGURE 9 PÉNÉTRATION MAXIMALE DE L'ISOTHERME DE 0 °C AUTOUR DU CONDUIT UTILIDOR

En règle générale, la zone de la section expérimentale contient de 45 à 60 cm (1 1/2 pi à 2 pi) de limon riche en matières organiques (toundra) reposant sur de la glace massive, et un limon sableux riche en glace atteignant une profondeur de 4,6 m (15 pi). Sous ce matériau, se trouvent du limon sableux et du sable limoneux. Les conditions actuelles du sol le long des parois de la section expérimentale ont été relevées et photographiées après l'excavation (voir planches 2 et 4).

Techniques de construction. Une perforatrice "Rocsaw" a été choisie comme principal instrument pour creuser la tranchée. Cette machine utilise deux moteurs Caterpillar D-9, dont l'un actionne, par la force hydraulique, la barre porte-lames et l'autre commande le déplacement sur chenilles (planche 1).

Voici quelles sont les méthodes d'excavation qui ont été étudiées:

1. le dynamitage suivi de deux déblais à la "Rocsaw";
2. le dynamitage conjointement avec un déblai à la "Rocsaw" à la bordure de la tranchée, et
3. le dynamitage seulement.

PERFORATRICE ROCSAW

PLANCHE 1

SECTION DE TRANCHÉE CARACTÉRISTIQUE CREUSÉE
À L'AIDE D'UNE PERFORATRICE ROCSAW

PLANCHE 2

Pour toutes les méthodes, une pelle rétrocaveuse Cat 245 a été utilisée pour déblayer les matériaux de la tranchée dynamitée, et c'est approximativement à 30 cm sous le fond prévu de la tranchée que les coups de dynamite les plus bas ont été déclenchés et que le fond de la tranchée a été atteint par la "Rocsaw".

Du sable sec insensible au gel a été utilisé comme matériau de remblai dans la tranchée de l'utilidor. Le remblai de la première moitié de la tranchée a été saturé d'eau et on l'a laissé geler avant la mise en place des dernières couches de remblai. La zone a été saturée d'eau afin de permettre le gel de l'utilidor en place, empêcher les mouvements d'eau souterraine et permettre à l'utilidor de résister à un éventuel soulèvement par le gel. Le remblai sec a été compacté à l'aide des techniques courantes de vibration, tandis que le sable saturé d'eau l'a été au moyen de vibrateurs à béton. Une installation d'utilidor caractéristique est présentée à la planche 5.

Appareils de mesure. Des appareils de mesure ont été placés à plusieurs endroits le long de la section expérimentale (voir figure 10). On a mesuré les températures à l'aide de thermistors (figure 11). Des détecteurs de pression totale et des piézomètres ont été installés pour mesurer les pressions du sol et de l'eau interstitielle (figure 12). Les hauteurs et les déformations intérieures de l'utilidor ont été mesurées à l'aide des méthodes topographiques classiques. Dans la mesure où l'électricité était nécessaire pour l'éclairage et le chauffage, des fils ont été installés dans les segments expérimentaux pour que l'énergie totale puisse être enregistrée par des compteurs distincts installés dans le circuit. Le chauffage était assuré par un petit radiateur électrique (1500 J/s) avec thermostat intégré.

Des relevés météorologiques quotidiens ont été obtenus grâce à l'autorisation du personnel de la station météorologique de Barrow. Chaque semaine, on a vérifié tous les appareils de mesure.

Températures de service. Après la construction en mai 1981, l'intérieur de la section expérimentale a été soumis à des variations de température ambiante. Des cloisons ont été placées à approximativement 0 + 50 m et 0 + 60 m. La température dans ce segment a été maintenue entre 2 °C et 10 °C. En raison des limites de l'équipement, il n'a pas été possible d'atteindre l'écart de température requis de 4 °C à 9 °C.

Le segment qui devait servir à la simulation des conditions extrêmes de 32 °C n'a pas encore été construit. Présentement, ce segment est isolé des températures ambiantes, mais il demeure non chauffé.

OBSERVATIONS

Excavation. Toutes les méthodes d'excavation appliquées ont permis de creuser une tranchée. Toutefois, les portions de tranchée excavées par dynamitage sans l'aide de la "Rocsaw" étaient trop larges (planche 3).

Une tranchée trop large nécessite de l'espace et des matériaux de remblai supplémentaires, et peut également causer des problèmes thermiques qui seront exposés plus loin.

La pelle rétrocaveuse CAT 245 munie d'un godet pour le gel a été très efficace pour l'enlèvement des déblais de la tranchée, de même que pour l'aménagement d'un fond plat dans les zones de fracture partielle ou minimale. En raison du rendement de la pelle rétrocaveuse Cat 245 dans cette zone, on a supprimé les 30 cm creusés sous la tranchée à l'aide de la "Rocsaw" ou par dynamitage.

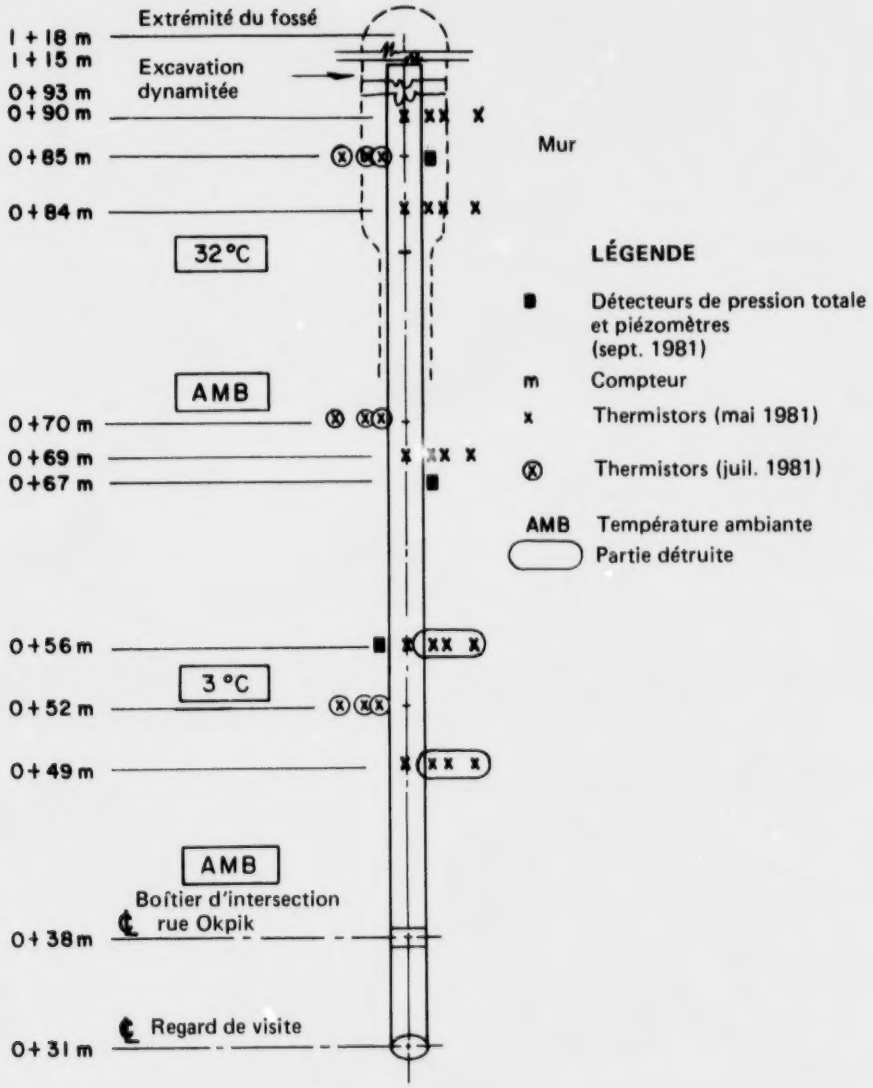


FIGURE 10 PLAN DE LA SECTION EXPÉRIMENTALE

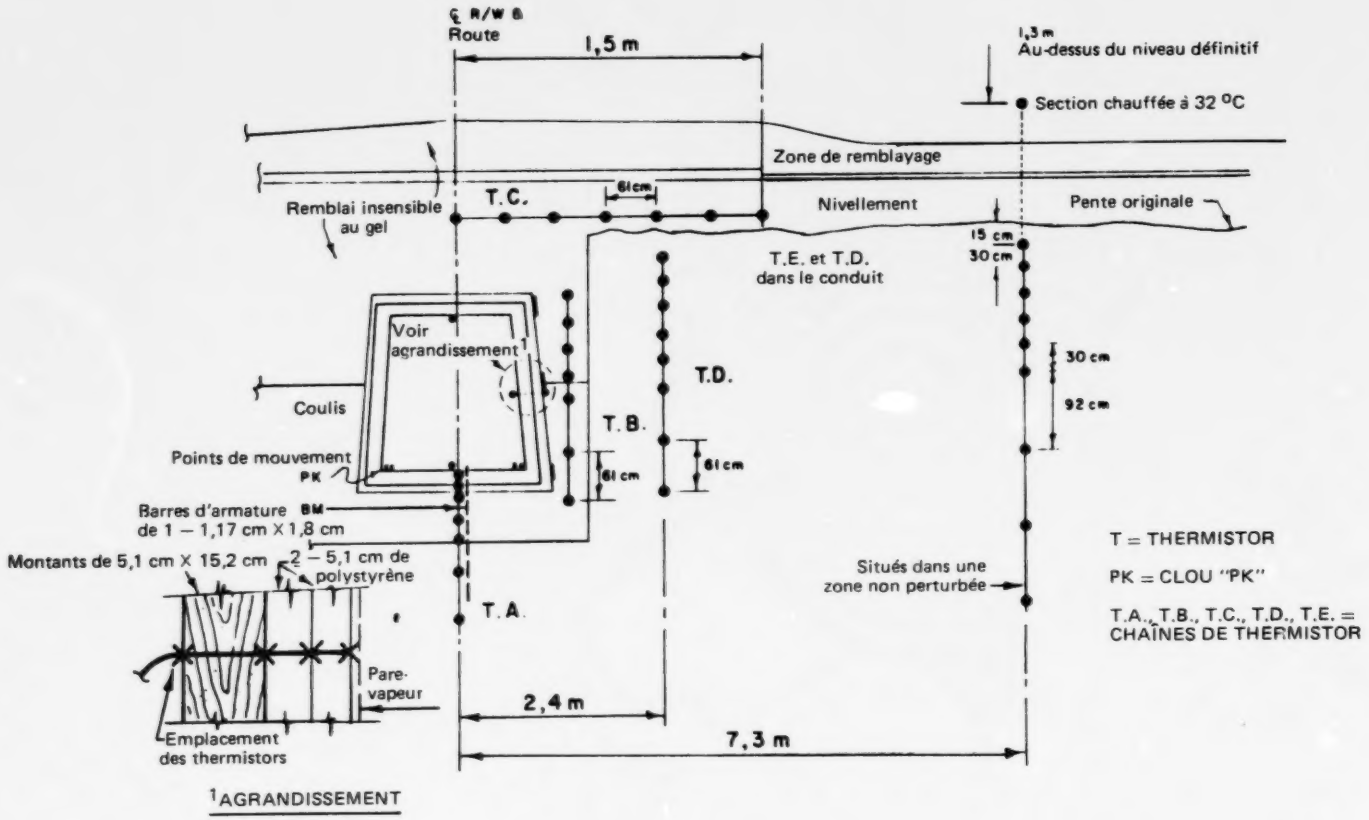


FIGURE 11 EMPLACEMENT DES ISOLATEURS DE THERMISTORS

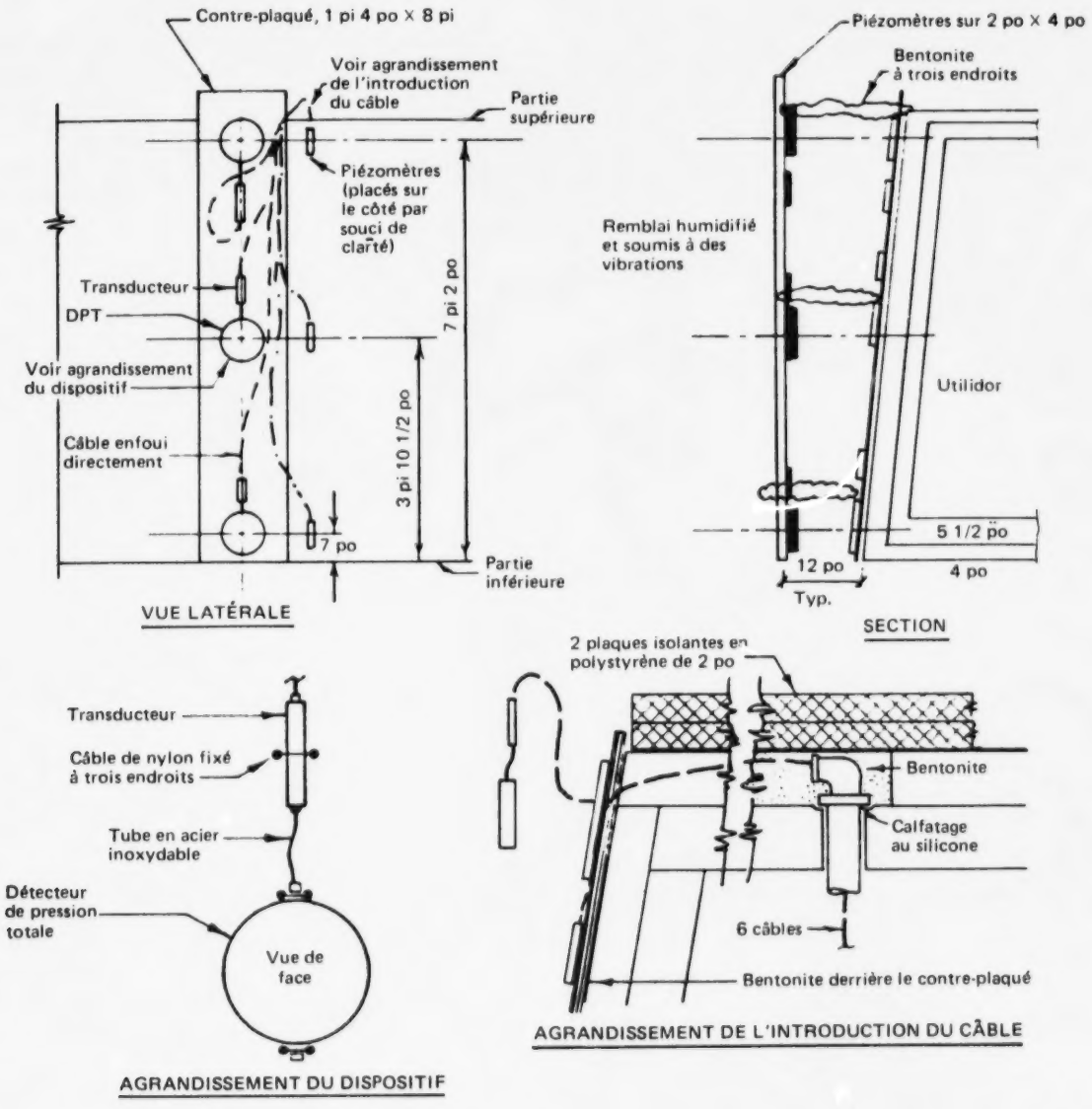


FIGURE 12 INSTALLATION DES DÉTECTEURS DE PRESSION ET DES PIÉZOMÈTRES

SECTION DE TRANCHÉE CREUSÉE À L'AIDE D'UNE ROCSAW ET PAR DYNAMITAGE

PLANCHE 3

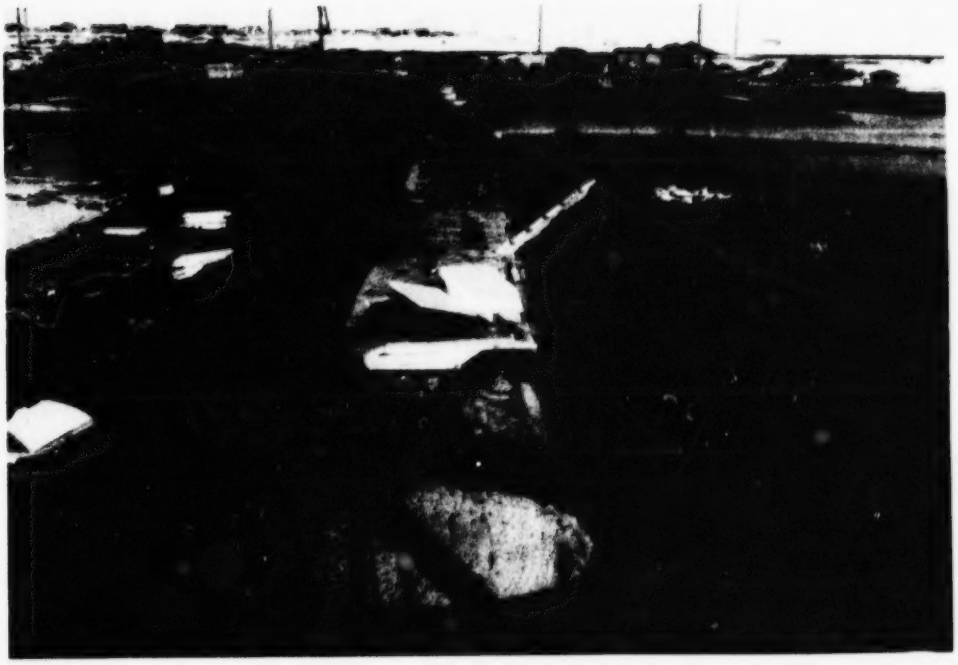
Remblai. Les espaces interstitiels dans les sables séchés utilisés pour le remblayage laissaient passer l'eau beaucoup plus facilement qu'il n'avait été prévu. Le vibrage du remblai devait être effectué à la vitesse extrême lorsque l'eau était ajoutée, afin de terminer le compactage avant que l'eau ne soit évacuée des matières granuleuses.

L'eau s'écoulait sous l'utilidor dans le lit sec ou la tranchée ouverte, vers l'aval à partir de la zone de saturation. Il a fallu briser la glace formée par l'eau libre dans la tranchée ouverte.

Température du sol. Les températures du sol mesurées aux chaînes de thermistors TA, TB, TC, TD et TE (figure 11) ont augmenté de façon constante avec le temps, le long de l'utilidor, au cours de l'été qui a suivi la construction. Les résultats fournis par l'isolateur TB, situé dans le remblai adjacent à l'utilidor, serviront à illustrer les variations de la température du sol. On peut voir, d'après les figures 13 et 14, que plus une station de thermistor est proche de la zone qu'on a trop creusée, plus la température du sol est élevée. Cela est attribuable au réchauffement du sol proche de l'accumulation d'eau, là où la tranchée a été trop creusée. Les mesures du niveau de la nappe phréatique dans les environs et celles qui ont été effectuées dans la tranchée du conduit utilidor à l'aide du tube piézométrique, ont montré que le niveau atteignait la même hauteur que les masses d'eau autour du site d'essai. On croit que l'eau provient de la fonte de la couche active.

VUE TRANSVERSALE DE LA TRANCHÉE (REMARQUER LA PRÉSENCE DE GLACE SOUTERRAINE)

PLANCHE 4



INSTALLATION DE L'UTILIDOR
PLANCHE 5

L'écoulement se fait à travers la couche active et le remblai de gravier. À mesure qu'on a pompé l'eau à l'extérieur de l'utilidor, on a constaté que son volume était à peu près proportionnel à l'augmentation de la température de l'air et des précipitations correspondantes. Pour les endroits éloignés de la zone trop creusée, et qui étaient donc peu touchés par l'accumulation d'eau, les températures du sol dans le remblai de la tranchée étaient conformes aux prévisions. La chaîne de thermistors TB à la station 0 + 69 m a révélé que le sol a gelé de nouveau et est devenu plus froid à l'approche du mois de septembre 1981, alors que la chaîne de thermistors TB de la station 0 + 90 m indiquait toujours que le remblai n'était pas gelé.

Toutefois, après l'hiver 1981, tous les thermistors indiquaient un nouveau gel du remblai de la tranchée dans toute la section expérimentale, en accord avec les prévisions. Les températures du sol proche de la partie chauffée (figure 13) ont été peu influencées par l'augmentation de la température de l'utilidor. En effet, les températures du sol environnant étaient semblables, selon les observations, à celles régnant autour de la partie non chauffée (figure 14), en accord avec les prévisions. Cela est attribuable à la disposition de l'isolant autour de l'utilidor.

Piézomètre et manomètres. Aucune information significative n'a été obtenue, jusqu'à présent, à l'aide de ces appareils.

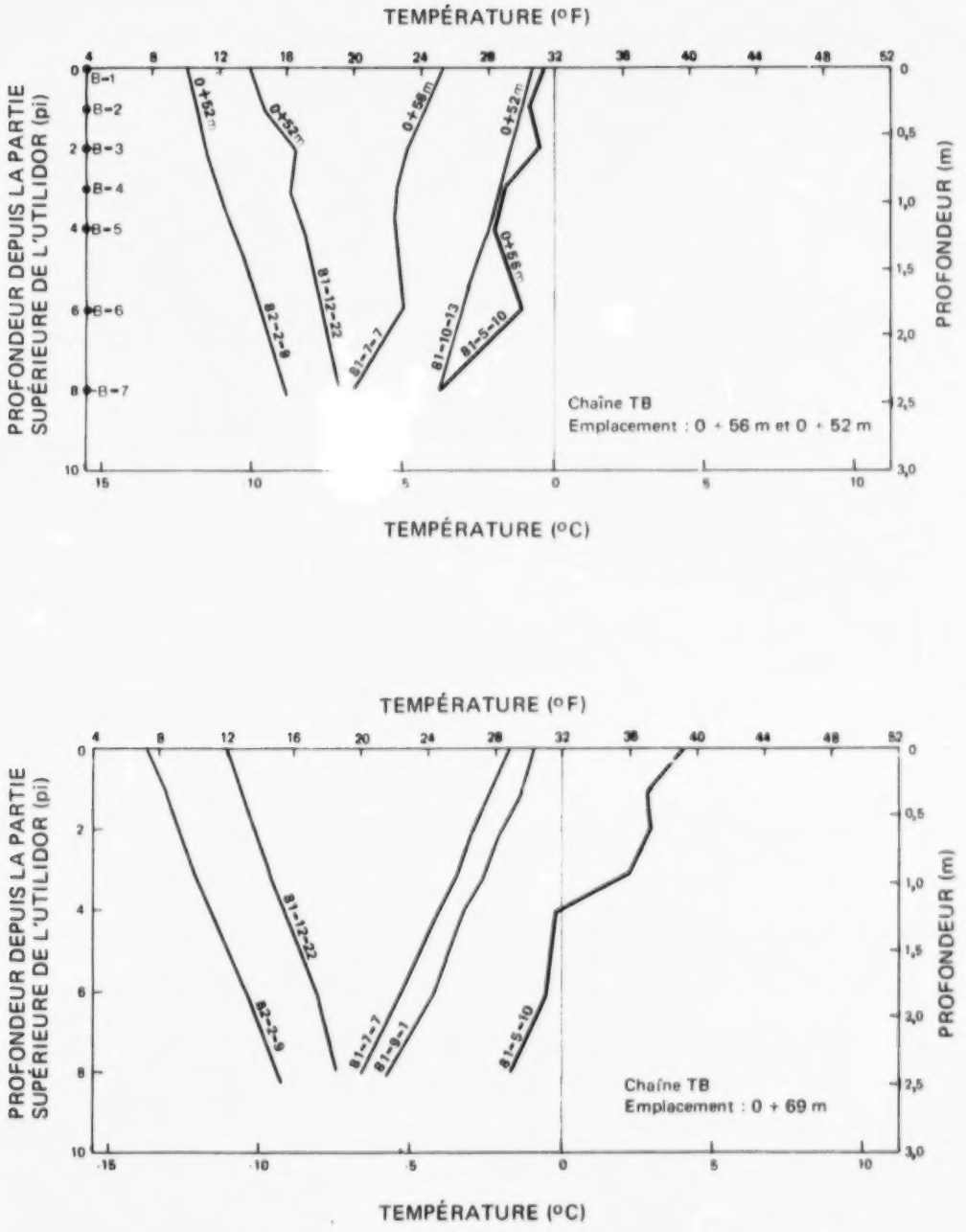


FIGURE 13 VARIATIONS DE TEMPÉRATURE DU REMBLAI PROCHE DE L'UTILIDOR

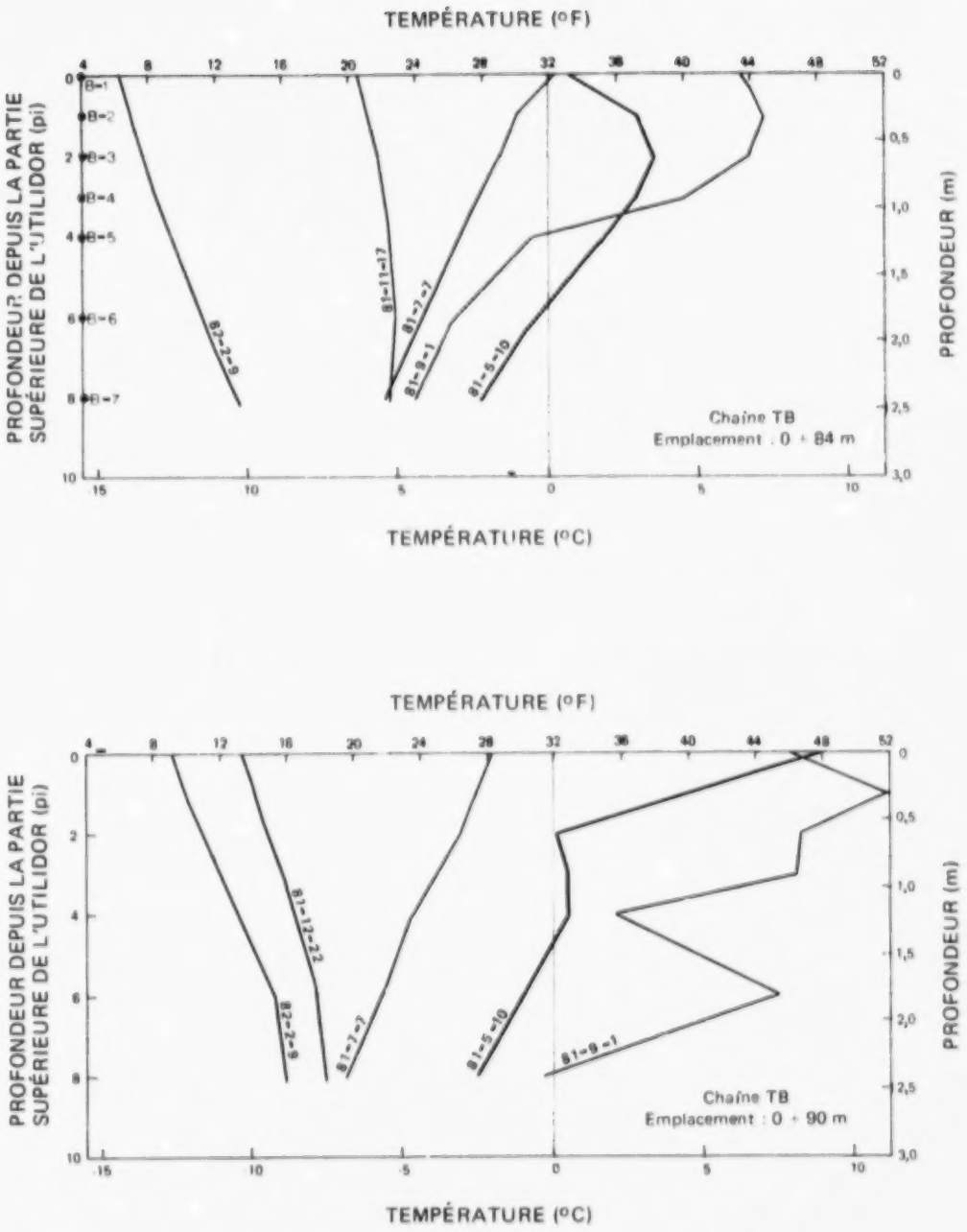


FIGURE 14 VARIATIONS DE TEMPÉRATURE DU REMBLAI PROCHE DE L'UTILIDOR

CONCLUSION

Les données sur la température concernant la première partie du réseau d'utilidors (0 + 49 m à 0 + 69 m) ont été satisfaisantes, tel qu'escompté, même si la section expérimentale a été construite dans les pires conditions possibles. En vue de faciliter le gel rapide du remblai de la tranchée, il faudrait limiter les travaux d'excavation. On recommande l'usage de la perforatrice "Rocsaw".

Les données sur la température et l'accumulation d'eau près de la zone suggèrent de limiter autant que possible les mouvements d'eau souterraine. Dans les zones de remblai saturé, il est primordial que le mélange sol-eau conserve sa teneur en eau. Cela n'a pu être le cas avec un remblai de sable perméable. Les essais en laboratoire ont révélé qu'un mélange comprenant 2 p. 100 de bentonite et 98 p. 100 de sable, d'une teneur en humidité de 12 p. 100, offre les caractéristiques requises. Non seulement ce mélange retient-il toute l'humidité lorsqu'il est mis en place, mais il forme une barrière efficace contre l'humidité une fois gelé.

Une dégradation thermique de la tranchée peut se produire au printemps à la suite de la pénétration d'eau tiède de ruissellement. Si cette eau peut être retenue dans la tranchée, sans qu'elle puisse s'écouler dans le sens de la longueur, le gel total reprendra plus vite et la dégradation thermique sera réduite. Par conséquent, il est essentiel de placer des obturateurs imperméables à intervalles réguliers le long de la tranchée de l'utilidor, pour réduire le mouvement horizontal de l'eau et maintenir la stabilité thermique.

Des obturateurs de tranchée, composés d'un mélange de sable et de bentonite dans une proportion de 5/1 ont été placés à des intervalles de 30 mètres dans le sens de la longueur, dans toutes les installations des futurs utilidors, pour empêcher la migration de l'eau de ruissellement. Des essais en laboratoire ont indiqué que ce mélange constitue une barrière imperméable.

La capacité de la section expérimentale à geler de nouveau, après son installation au début du cycle de réchauffement saisonnier, indique que les paramètre initiaux de calcul sont fondés. Les informations recueillies sont également précieuses pour la formulation de lignes directrices concernant l'exploitation et l'entretien du futur réseau d'utilidors.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Black, R.F. (1964), "Guhik Formation of Quaternary Age in Northern Alaska", U.S. Geological Survey Professional Paper 302-C.

CH2M Hill, Harding Lawson and Associates (fév. 1979), "Geotechnical Investigations, Utilities for Barrow, Alaska".

Hwang, C.T. (1976), "Predictions and Observations on the Behaviour of a Warm Gas Pipeline on Permafrost", Canadian Geotechnical Journal, vol. 13, nº 4, pp. 452-480.

Lewellen, Robert I. (1972), "Studies on the Fluvial Environment, Arctic Coastal Plain Province, Northern Alaska", volumes I et II.

CONCEPTION DE STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT À BARROW, ALASKA

W.A. Robertson
et
R.W. Martin
Frank Moolin & Associates

INTRODUCTION

Au dernier symposium, tenu en mars 1979, sur l'aménagement des services publics dans les régions nordiques, la société CH2M Hill d'Anchorage en Alaska a fait un exposé sur les réseaux d'eau et d'égouts de Barrow. Cet exposé présentait les études préliminaires concernant un réseau d'utilidors souterrains destiné principalement à fournir des services d'eau et d'égouts à l'agglomération de Barrow. Depuis le symposium de 1979, la conception et la construction du réseau souterrain se sont poursuivies. En 1980, on confiait à la société Frank Moolin & Associates Incorporated la responsabilité de la gestion du projet et celle de la réalisation des travaux. En octobre 1980, Frank Moolin & Associates signaient un contrat avec la société Robertson & Associates pour préparer les documents de soumission pour la construction des stations de relèvement qui doivent être reliées au réseau d'utilidors souterrains.

On considère que les stations de relèvement de Barrow sont relativement petites par rapport aux normes industrielles dans ce domaine. Par tradition, de petites stations de relèvement des eaux d'égout ont été construites au-dessous du niveau du sol à l'aide d'installations standard préfabriquées, qui peuvent être améliorées au fur et à mesure de la croissance des besoins. Aussi, on a envisagé d'installer des stations de relèvement préfabriquées comme solution de rechange à ce projet. Toutefois, en raison du coût très élevé de l'excavation dans le pergélisol à Barrow, de la nature physique du pergélisol et de la difficulté d'isoler les installations standard préfabriquées, cette option a rapidement été écartée. Une station spéciale de relèvement a été mise au point pour répondre aux problèmes particuliers de Barrow. Ce document traite de la construction de l'infrastructure et de la superstructure, des écoulements nominaux, du choix de la pompe et des critères de conception de la station de relèvement.

INFRASTRUCTURE DE LA STATION DE RELÈVEMENT

Le sol de Barrow est essentiellement un pergélisol de limon sableux riche en glace. Le pergélisol a une structure polygonale étendue, avec des fentes et des lentilles massives de glace. En outre, dans certaines régions, le pergélisol non cimenté contient une eau très saline qui continuera de s'écouler à une température de 17 °F*. Cependant, on considère, en règle générale, que le pergélisol de Barrow est de bonne qualité du point de vue thermique. La température annuelle moyenne varie de 10 °F à 25 °F environ à un point situé à 10 pieds** sous la surface du sol.

---

*°F x 0,555 (°F-32) = °C

** pied x 0,3048 = m

Les stations de relèvement souterraines de Barrow sont uniques parce qu'elles sont, à la connaissance des auteurs, les premières structures d'envergure qui aient été construites dans le pergélisol pour un système de services publics. Par conséquent, il n'existe pas de données utilisables de façon directe concernant l'aménagement d'un tel système et son rendement au cours d'une période de 25 à 50 ans. Les sociétés géotechniques Harding-Lawson Associates, Woodward-Clyde Consultants et EBA Engineering Consultants Limited ont donc été invitées à participer à la conception de la structure de la station de relèvement.

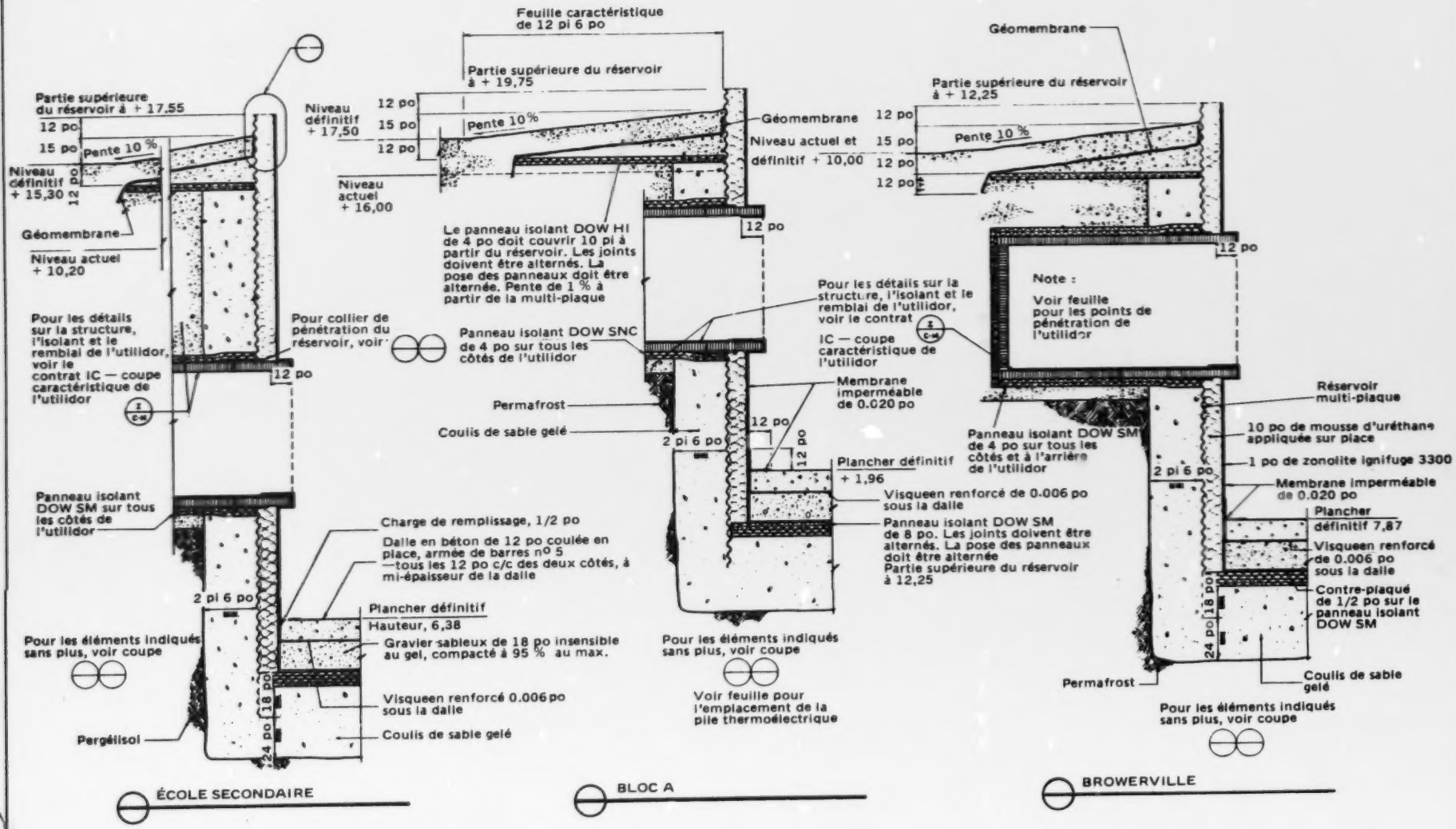
Ces sociétés géotechniques, de concert avec les auteurs, ont établi qu'une station de relèvement souterraine peut fonctionner de façon satisfaisante si les paramètres de conception suivants sont respectés:

1. L'excavation, l'installation et le remblayage de l'infrastructure de la station de relèvement doivent être réalisés en hiver, pour éviter de perturber le pergélisol en place.
2. En raison de l'absence d'information sur les forces de fluage du pergélisol contre un ouvrage de soutènement, l'infrastructure de la station de relèvement doit être conçue de manière à résister aux pressions équivalentes des murs latéraux, engendrées par les sols au moment du dégel.
3. En vue de réduire la pression excessive sur les murs latéraux, attribuable au gel et au dégel saisonniers, un panneau isolant épais de 4 po*, s'étendant approximativement sur 10 pieds à partir des murs de station de relèvement, doit être placé à un pied sous la couche du sol.
4. L'infiltration d'eau libre en provenance de la zone environnante qui se trouve à l'intérieur et près de l'infrastructure de la station de relèvement doit être empêchée.
5. L'épaisseur du polystyrène ou de l'isolant équivalent, du niveau du sol jusqu'à 10 pi de profondeur, doit être de 10 po. Pour cette zone, à partir de 10 pieds sous la surface jusqu'au fond de l'utilidor, l'épaisseur d'isolant doit être de 8 po. De même, sous le plancher de la station de relèvement, un matériau isolant de 8 po est requis.
6. Le remblai de coulis de sable autour de l'infrastructure doit être placé dans un anneau de deux pieds au minimum.
7. En raison de la présence de pergélisol non cimenté et d'eau très saline dans la région de Barrow, un réseau de drainage souterrain, de même qu'un puisard, devront être incorporés à l'infrastructure de la pompe.
8. L'analyse thermique effectuée par EBA Engineering Consultants Limited a révélé que si la température intérieure de la station de relèvement était maintenue à 55 °F, il se produirait un dégel préjudiciable et la stabilité thermique serait compromise pour une période de 15 ans. Comme les montées occasionnelles de température peuvent atteindre 65 °F pour une période relativement longue, on a décidé d'installer des dispositifs de réfrigération passive autour de la station de relèvement. Ces dispositifs passifs associés à un système de surveillance pourraient être utilisés en mode actif pour prévenir tout dégel non prévu par les analyses.

La planche 1 montre des sections types des murs latéraux, de même que les détails de construction des trois stations de relèvement conçues dans le cadre du projet. Les planches 2 et 3 présentent le système de drainage (souterrain et en surface) des stations de relèvement.

---

* pouce x 25,40 = mm



Rév.	Date	Description	par		
					Conception
					WAR
					KB
1	9-14-81	Révisions diverses par FMAA			Vérification

Frank Moolin & Associates, Inc.

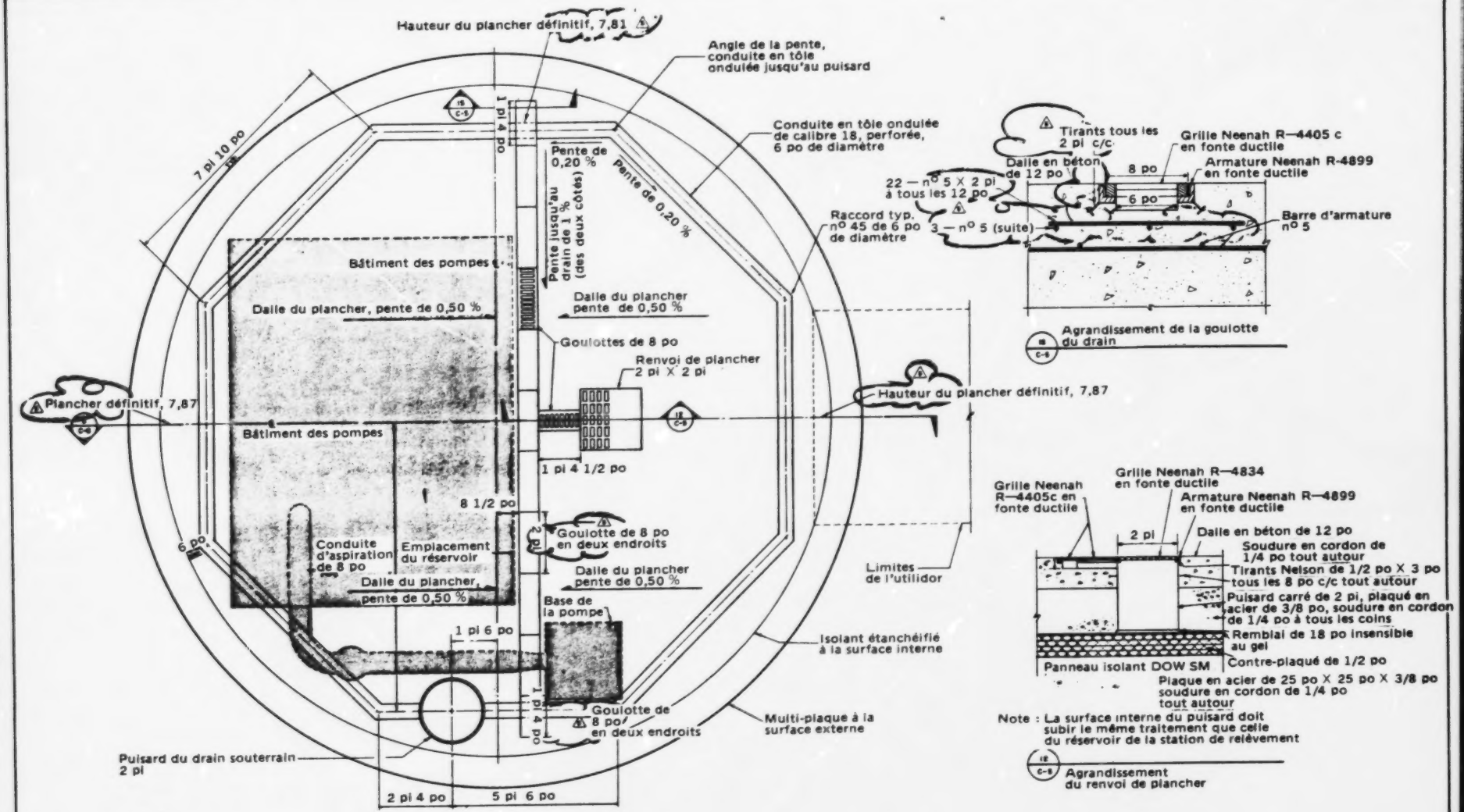
PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

COUPES DES FAÇADES LATÉRALES ET DÉTAILS CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS DE RELÈVEMENT

Échelle: 1/2 po = 1 pi
Date : 23-7-81
Travail nº
Dossier nº

Feuille nº IE-

PLANCHE 1



Rév.	Date	Description	par		Conception
		Hauteur du plancher, anneau d'étanchéité du drain,			
5	18-3-82	armature de la tranchée, tirants par FMAA			
4	18-12-81	N° de grille modifiée au détail 12			WAR
3	6-11-81	Révision du renvoi de plancher			
2	7-10-81	Feuille, coupe, n° de détail changé par FMAA			Vérification
1	14-9-81	Révisions diverses par FMAA			

Frank Moolin & Associates, Inc.

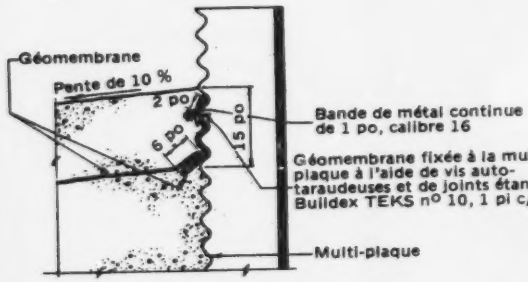
PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

SYSTÈME DE DRAINAGE DE LA STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

Échelle: = 3/4 po 1 pi
Date : 23-7-81
Travail n°
Dossier n°

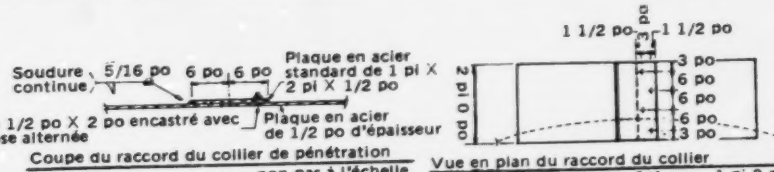
Feuille n° C-5

PLANCHE 2



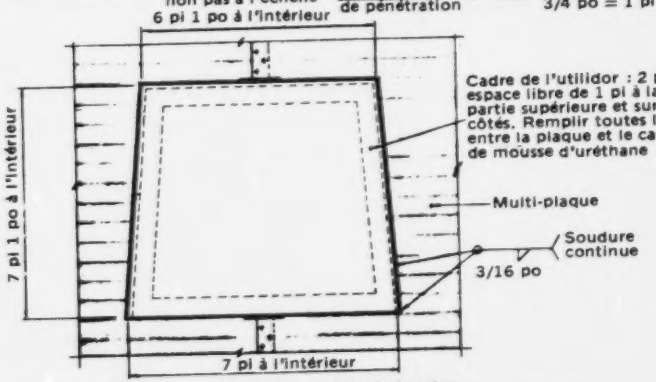
Agrandissement — fixation de la géomembrane

Non pas à l'échelle



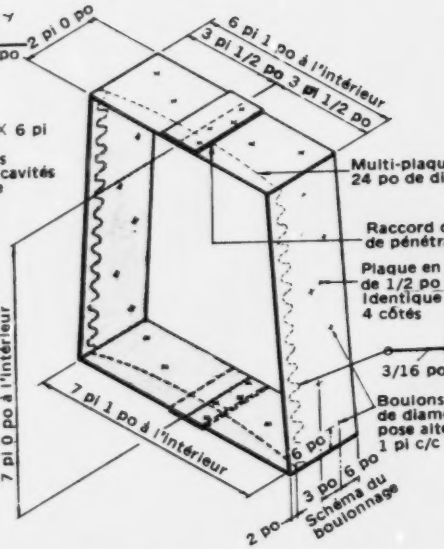
Coupe du raccord du collier de pénétration non pas à l'échelle

Vue en plan du raccord du collier de pénétration 3/4 po = 1 pi 0 po



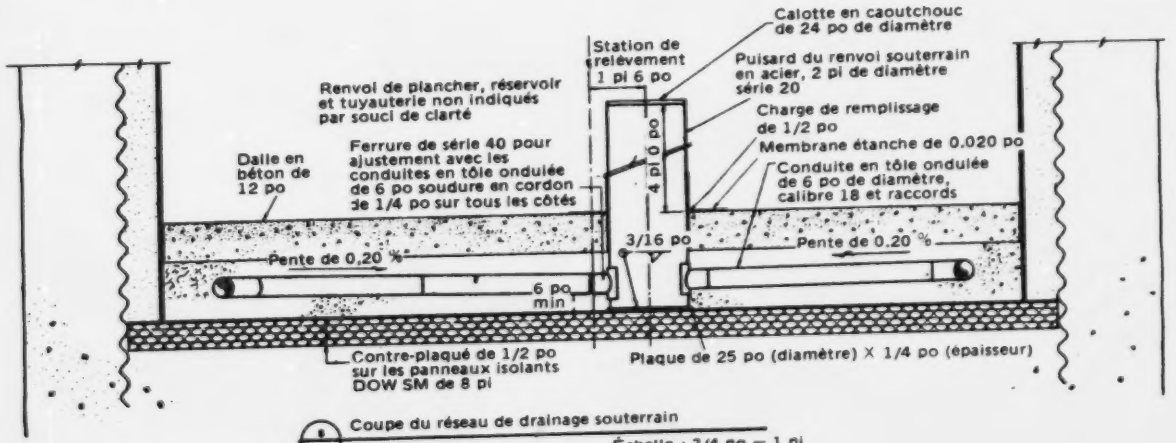
Agrandissement du collier de pénétration

Non pas à l'échelle



Collier de pénétration isométrique

Non pas à l'échelle



Coupe du réseau de drainage souterrain

Échelle : 3/4 po = 1 pi

Rév.	Date	Description	par
6	17-3-82	Révisions diverses par FMAA	R.F.
5	10-12-81	Révisions diverses par FMAA	J.C.S.
4	6-11-81	Agrandissement par FMAA	J.C.S.
3	19-10-81	Colliers de pénétration et raccords par FMAA	J.C.S.
2	7-10-81	Feuille, coupe, nº d'agrandissement	W.B.
1	14-9-81	Révisions diverses par FMAA	W.B.

Conception : WAR

Vérification : W.B. K.B.

Frank Moolin & Associates, Inc.

PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

COUPES DE LA STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

Échelle : tel qu'indiqué
Date : 23-7-81
Travail nº
Dossier nº

Feuille nº II-3 C-6

PLANCHE 3

SUPERSTRUCTURE DE LA STATION DE RELÈVEMENT

Au début de la conception de la station de relèvement des eaux d'égout, North Slope Borough a exprimé le désir de construire un bâtiment qui plairait aux habitants de l'endroit et qui servirait également de point d'accès principal au réseau d'utilidors. Le service d'architecture de Frank Moolin & Associates a préparé un plan comprenant les éléments architecturaux caractéristiques de la construction du nouveau bâtiment. Un système de toit métallique semblable à celui du bâtiment de North Slope Borough et une entrée (arctique) de tuyaux en métal ondulé semblable à celle du bâtiment de l'Arctic Slope Regional Corporation ont été adoptés. On a donné à l'installation une forme semblable à celle des nouveaux bâtiments de l'école secondaire, ce qui est une amélioration esthétique par rapport à l'habituelle station de pompage carrée (voir planche 4).

Le bâtiment des pompes contient l'équipement électrique du système, l'équipement de climatisation (HVAC) du bâtiment, de même qu'un panneau de contrôle pour le raccordement au système de surveillance par télémesure du réseau. L'accès à la partie inférieure est rendu possible par une trappe de la taille d'un homme, une échelle située à l'intérieur du bâtiment des pompes et une trappe de service située à l'extérieur sur un embarcadère. La majeure partie de l'équipement peut être déplacée à l'intérieur de la partie inférieure, à l'aide d'une grue manuelle à pont roulant. Un système d'escaliers et de grilles permet au personnel d'entretien d'avoir accès à l'utilidor.

DÉBITS THÉORIQUES

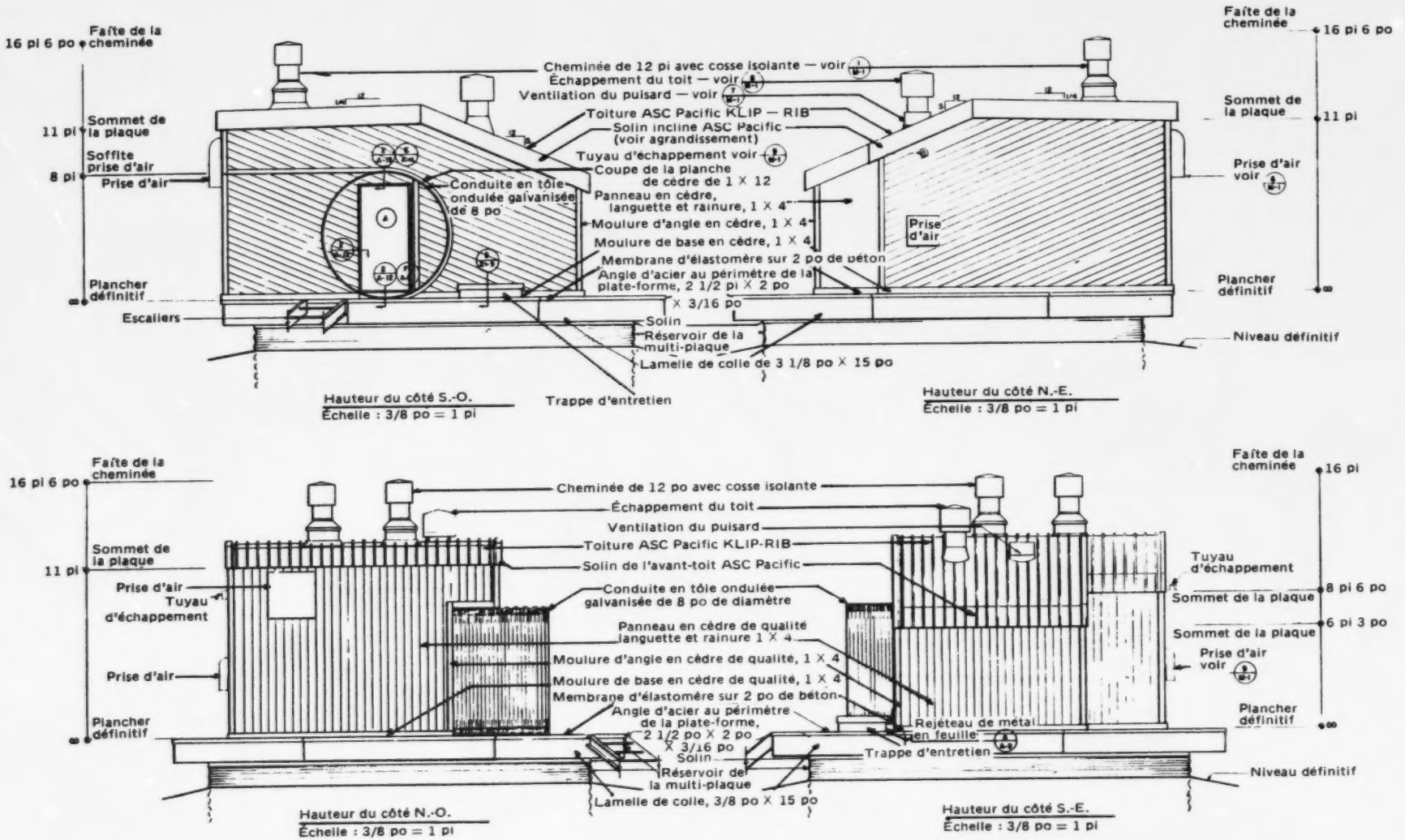
Pour pouvoir déterminer correctement la taille des stations de relèvement de Barrow, il était nécessaire de répondre à trois questions élémentaires: Quelle serait la consommation moyenne d'eau par personne une fois le système en opération? Quelle est la population projetée pour chaque zone desservie par la station de relèvement? Quels facteurs de pointe utiliser dans les calculs?

Au cours de l'analyse des dossiers de Frank Moolin & Associates, on a relevé plusieurs notes techniques de CH2M Hill relatives à la consommation moyenne d'eau par personne. Dans une note technique datée du 4 octobre 1979, on prévoit une consommation moyenne de 56 gallons par personne et par jour (gppd)*. Ce chiffre a été porté à 75 gppd pour tenir compte de la demande des commerces et des établissements publics, et pour préserver une marge de sécurité. La même note analysait le taux de la consommation résidentielle dans le cas de l'application d'un programme visant à réduire la consommation d'eau pour les douches, les chasses d'eau et le lavage. On a estimé que la consommation résidentielle pourrait être ramenée à 33 gallons par personne et par jour.

La firme Robertson & Associates pouvait accepter l'hypothèse des 56 gppd, mais non pas l'extrapolation de 75 gppd pour la conception réelle du système. Afin de résoudre ce différend, Frank Moolin & Associates ont demandé à Robertson & Associates de prendre contact avec le docteur Daniel W. Smith, professeur de génie civil à l'Université de l'Alberta (Edmonton); celui-ci devrait effectuer une recherche documentaire en vue de déterminer, indépendamment du projet, quel devrait être le niveau de la consommation d'eau à Barrow.

---

* gppd x 3,785 = l/pers./d



Rév.	Date	Description	par	
	18-3-82	Conception approuvée	EN	SG

Conception : KC DV
Vérification

Frank Moolin & Associates, Inc.

PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

HAUTEUR DES INSTALLATIONS DE BROWERVILLE

Échelle : 3/8 po = 1 pi
Date : 30-9-81
Travail n° 81-8
Dossier n° 81-8

Feuille n° IE-8 A-8

PLANCHE 4

Un rapport a été rédigé, indiquant le taux de consommation d'eau dans différentes agglomérations nordiques comparables à Barrow. On a estimé que 62 gppd constitueraient une moyenne applicable à Barrow. On a indiqué en outre que si des dispositifs permettant de réduire la consommation d'eau étaient installés, celle-ci serait réduite de 19 p. 100. Frank Moolin & Associates ont précisé que le projet intégrerait des dispositifs permettant d'économiser l'eau. C'est ainsi qu'on a considéré que la consommation résidentielle serait d'environ 50 gppd. Le rapport signalait en outre que la part des commerces et des établissements des petits villages du Nord était en règle générale de 7 p. 100 de la consommation totale. Robertson & Associates ont donc recommandé à Frank Moolin & Associates d'ajouter un facteur de 10 p. 100 au taux de la consommation résidentielle, pour tenir compte des besoins en eau des établissements publics et des commerces. Frank Moolin & Associates ont accepté, à la condition que le complexe hospitalier soit considéré comme un cas à part, puisque la consommation d'eau y est de 26 000 gallons par jour; ces 26 000 gallons devraient être compris dans le taux quotidien de consommation d'eau par personne.

Frank Moolin & Associates ont calculé que la population globale de Barrow pourrait finir par atteindre 5200 personnes, réparties comme suit:

Barrow	1994
École secondaire d'Okpik	275
Bloc A	855
Browerville/Simmonds	72
Browerville	2004
Total	5200

Étant donné la population prévue de 5200 personnes, le passage du débit original de 62 gppd à 50 gppd suite à l'installation de dispositifs permettant d'économiser l'eau, l'augmentation de 10 p. 100 de cette valeur pour les besoins en eau des commerces et des établissements publics et la répartition proportionnelle des 26 000 gallons par jour nécessaires au complexe hospitalier, une moyenne de 60 gppd a été retenue pour le projet de Barrow.

Il s'agissait ensuite de savoir quels facteurs de pointe utiliser en accord avec la moyenne de 60 gppd. Dans les dossiers de Frank Moolin & Associates, une note technique de CH2M Hill étudiait divers facteurs de pointe. Le "Manuel d'aménagement des réseaux de services publics en climat froid" (Environnement Canada, 1979), a été consulté pour calculer le facteur de pointe des diverses composantes du système de services publics. Les auteurs ont comparé ces facteurs de pointe à ceux qui ont été calculés à l'aide d'une méthode de système unitaire extraite du Code de la plomberie et d'après les méthodes du manuel 37 d'ASCE. On a reconnu que la méthode de système unitaire et celle du "Manuel d'aménagement des réseaux de services publics en climat froid" étaient similaires et semblaient fondées sur les mêmes unités. Les facteurs de pointe d'ASCE se rapprochaient de ceux des deux autres méthodes, sauf qu'ils étaient inférieurs de 20 à 25 p. 100 environ. Après de nombreuses discussions au sein de l'équipe de conception, il a été convenu d'adopter la moyenne de ces trois méthodes pour les populations de 1000 à 5000 personnes. Pour les populations inférieures à 1000 personnes, on a décidé d'appliquer la méthode de système unitaire.

Le tableau suivant présente les débits théoriques qui ont été calculés pour le projet:

Stations de relèvement	Population	Facteur de pointe	"Surdébit" gallons américains par minute* (gpm)
1. Barrow	1994	5,83	484
2. Okpik	2269	5,73	542
3. Bloc A	3124	5,44	708
4. Browerville	5200	5,21	1129

* Gallon américain par minute x 0,06308 = l/s

CHOIX DE LA POMPE

Une fois le débit maximal de chaque station de relèvement fixé, il a fallu déterminer les caractéristiques des pompes en fonction de la taille des conduites de refoulement. Au début de la conception du projet, on a opté pour des tuyaux en polyéthylène à poids moléculaire élevé. En outre, lorsque Robertson & Associates ont commencé de concevoir la station de relèvement, les matériaux pour la construction d'une conduite de refoulement de 8 pouces de diamètre, de la station de relèvement de Browerville jusqu'à l'étang d'eaux usées, avaient déjà été achetés et ils étaient entreposés à Barrow. Ainsi, la taille des pompes de Browerville devait être déterminée en fonction de ce matériel. Pour compliquer davantage les choses, la conduite de refoulement partant de la station de relèvement du bloc A pour traverser le barrage d'approvisionnement en eau a été limitée à un tuyau à basse pression de 7 pouces de diamètre.

En raison de ces limitations et du désir d'employer un seul type de pompe pour toutes les stations de relèvement, on a fondé les études de conception sur la plus grande station de relèvement de Browerville.

Station de relèvement de Browerville. Lors de l'aménagement de la station de relèvement souterraine de Browerville, plusieurs types de configurations de pompes ont été étudiés. La conception avait pour but de réaliser la plus petite station de relèvement dotée du système de pompage le plus fiable, en ce qui concerne la facilité d'entretien et la rentabilité du cycle de vie utile. Comme il fallait compter avec la canalisation de sortie de 8 pouces de diamètre déjà en place, il a été établi, au tout début de la conception, que la hauteur de charge dynamique totale en cas de débit maxima serait de 160 pieds. Cela a éliminé la plupart des pompes d'égout parce qu'elles sont, en règle générale, limitées à une hauteur de charge dynamique d'environ 100 pieds.

Il existait deux fabricants dont les pompes pouvaient répondre aux exigences du système. Il s'agissait de Flygt et de Morris. Les pompes Flygt sont des pompes submersibles qui, utilisées avec la pompe d'assèchement envisagée, auraient été convenables pour la plus petite station de relèvement. Toutefois, après une analyse du coût du cycle de vie du système, il a été établi que les pompes Morris étaient beaucoup plus efficaces que celles de la société Flygt. De plus, toutes les personnes engagées dans le processus de conception, depuis l'équipe de gestion de la construction jusqu'à celle de la conception, estimaient qu'il fallait éliminer, dans la mesure du possible, tous les

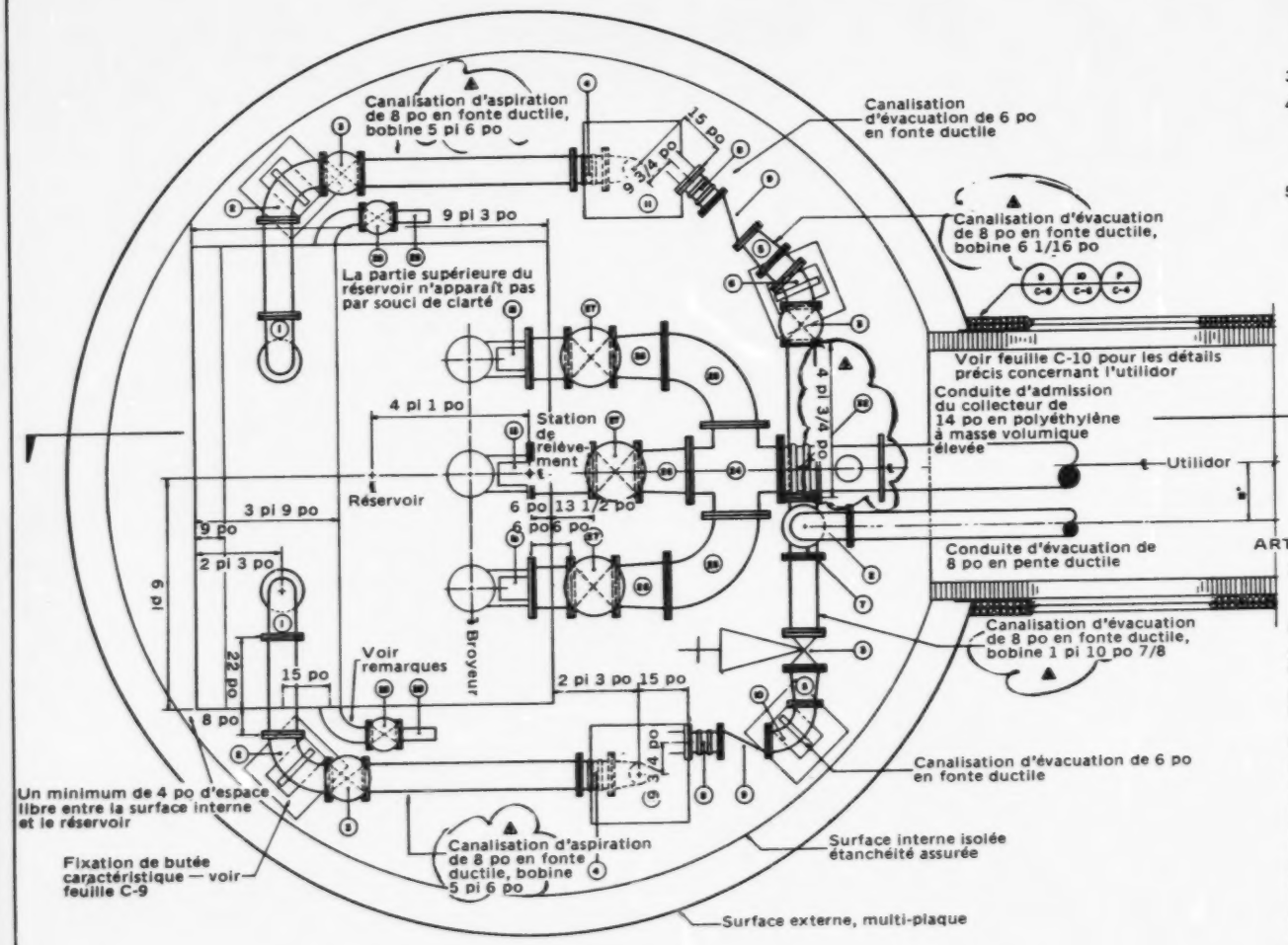
problèmes potentiels d'entretien, en raison du peu de personnel qualifié à Barrow. Dans la majorité des ouvrages techniques consultés, les stations de relèvement submersibles sont recommandées dans la mesure où il existe sur place un personnel qualifié pour l'entretien. En règle générale, la plupart des responsables consultés pour ce projet ont recommandé le système de la fosse d'aspiration et du puits sec, ce qui écartait le système de la pompe submersible.

On a vite reconnu qu'une station de relèvement munie d'un système complet de fosse d'aspiration/puits sec serait trop volumineuse. La première pompe choisie pour le système de pompage de Browerville fut une pompe Morris CKX à arbre cantilever. Après plusieurs semaines d'échanges avec le fabricant, on a reconnu que la pompe CKX ne convenait pas pour la station de relèvement de Browerville. La société Morris indiqua alors qu'il était possible de fabriquer un système à arbre plus long. Le principal désavantage des pompes ayant un tel arbre réside dans le fait que les alignements des arbres de commande sont difficiles à effectuer; il faut également surveiller avec une attention particulière l'usure des paliers dans la partie humide de la pompe. On a estimé que ce système n'était pas adapté aux besoins de Barrow.

On a ensuite songé à installer une pompe à amorçage automatique dans la partie supérieure de la station de relèvement souterraine. Si ce système avait été adopté, le diamètre de la partie souterraine de la station de relèvement serait passé de 24 à 18 pi. Le principal inconvénient du système était qu'on escomptait une hauteur d'aspiration extrêmement élevée pour toutes les stations de relèvement: la station de Browerville aurait eu une hauteur d'aspiration statique de 21,5 pi, celle du bloc A, de 19,8 pi et celle de l'école secondaire, de 25,3 pi. Il est recommandé que la hauteur d'aspiration de la plupart des pompes centrifuges à amorçage automatique soit limitée à 15 pieds. Ainsi, la hauteur d'aspiration positive nette de la pompe est suffisante pour éviter la cavitation et les autres problèmes. Comme on peut le voir d'après la hauteur d'aspiration statique requise dans les stations de relèvement, même sans tenir compte des pertes de hauteur dynamique pendant le fonctionnement de la pompe, les hauteurs d'aspiration sont d'une importance cruciale. En outre, on considère que dans le cas des eaux d'égout, le fonctionnement des pompes à auto-amorçage nécessite un équipement supplémentaire, à savoir des systèmes automatiques avec pompes à vide. Ce qui augmente les difficultés mécaniques, alors qu'on cherchait à les éviter dans la conception du système de Barrow. C'est pourquoi on n'a pas recommandé d'installer des pompes à amorçage automatique ou des pompes équipées de longs arbres dans la partie de la station de relèvement située au-dessus du sol.

À ce stade, une pompe Morris de la série NC a été testée pour déterminer si on pouvait envisager un système de puits sec. On a constaté que cela était possible en agrandissant le diamètre de la station de relèvement de 21 à 24 pieds. Comme on l'a mentionné précédemment, c'est un système de puits sec qu'on recommande le plus souvent pour les stations de relèvement, car les pompes et les moteurs peuvent être retirés et entretenus dans un environnement sec. Pour cette raison, la configuration courante des stations de relèvement de Browerville prévoit un diamètre extérieur de 24 pieds, avec un système de fosse d'aspiration/puits sec (voir planches 5 et 6).

À titre de renseignement complémentaire sur la conception des pompes, signalons l'importance cruciale de la conception de la fosse d'aspiration dans le cadre de la conception globale de la station de relèvement. Au cours de la conception, il a été établi qu'une combinaison de fosse d'aspiration et puits sec était l'option idéale pour Barrow. Cette option nécessite une station de relèvement de très grande dimension. Ainsi, tous les facteurs qui ont une incidence sur la taille du puisard et sur l'interaction entre celui-ci et les pompes sont d'une importance cruciale. Les puisards ont deux fonctions principales: ils doivent permettre aux pompes de fonctionner sans surchauffe et ils doivent garantir aux détecteurs de niveau du fluide des pompes une gamme de pressions suffisamment large



REMARQUES

1. Toute la tuyauterie et toutes les soupapes doivent être soutenues par des colonnes de manoeuvre.
2. Les dimensions illustrées du réservoir conviennent au contreventement intérieur. Si le contreventement extérieur est utilisé, les dimensions intérieures du réservoir demeurent les mêmes, mais celles des conduites d'aspiration et d'arrivée doivent être modifiées pour maintenir les mêmes positions de la pompe et des conduites d'évacuation.
3. Il faut également coordonner le contreventement extérieur et la grille architecturale, etc.
4. Installer un tuyau d'acier de 3/4 po (série 40) à partir du raccord de la prise d'air de la pompe, jusqu'à celui de la prise d'air du réservoir. Le tuyau doit être muni d'un robinet-vanne de 3/4 po. Il faut faciliter l'accès autour des pompes. Prévoir un raccord flexible pour le réservoir.
5. Le coude de réduction en acier de 6 po X 4 po (série 40), de même que la soudure à collet (150 lb), doivent être installés par le fabricant du réservoir.

LISTE DES ARTICLES STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

ARTICLE	TAILLE	DESCRIPTION	QUANTITÉ
1	8 po	coude en équerre à col évasé, à bride, à grand rayon, par Olympic Foundary Co., figure 5144	2
2	8 po	coude en équerre , à bride, à grand rayon	3
3	8 po	robinet-vanne à bride	4
4	8 po	joint de dilatation Holz, 300— 2FA — 433	2
5	8 po X 6 po	tuyau de réduction concentrique	2
6	8 po	coude à bride à 45°	1
7	8 po	té à bride	1
8	6 po	joint de dilatation Holz, 300 — 2FA — 433	2
9	6 po	soupape de retenue à bascule	2
10	6 po	coude en équerre à bride, à grand rayon	1
11	6 po	pompe Morris NC	2
13	12 po	broyeur AER-O-FLO, modèle A—12B	3
16		non utilisé	
23		non utilisé	
24	14 po	croix à 4 brides	1
25	14 po	coude en équerre à bride, à grand rayon	2
26	14 po X 12 po	tuyau de réduction excentré à bride	3
27	12 po	robinet-vanne à bride	3
28	4 po	robinet-vanne à bride	2
29	4 po	indicateur de niveau liquide, diaphragme encastré à bride Gould FL/FLE 3000	2
32	14 po	joint de dilatation Holz 300 — 2FA — 433	1

Rév.	Date	Description	par
5	18-3-82	Dimension des bobines par FMAA	TR
4	29-10-81	Joints de dilatation par FMAA	JCS
3	7-10-81	Coude d'aspiration de la pompe	JCS
2		Feuille, coupe n° de détails par FMAA	WB
1	14-9-81	Révision diverses par FMAA	WB

Conception: WAR
Vérification:

Frank Moolin & Associates, Inc.

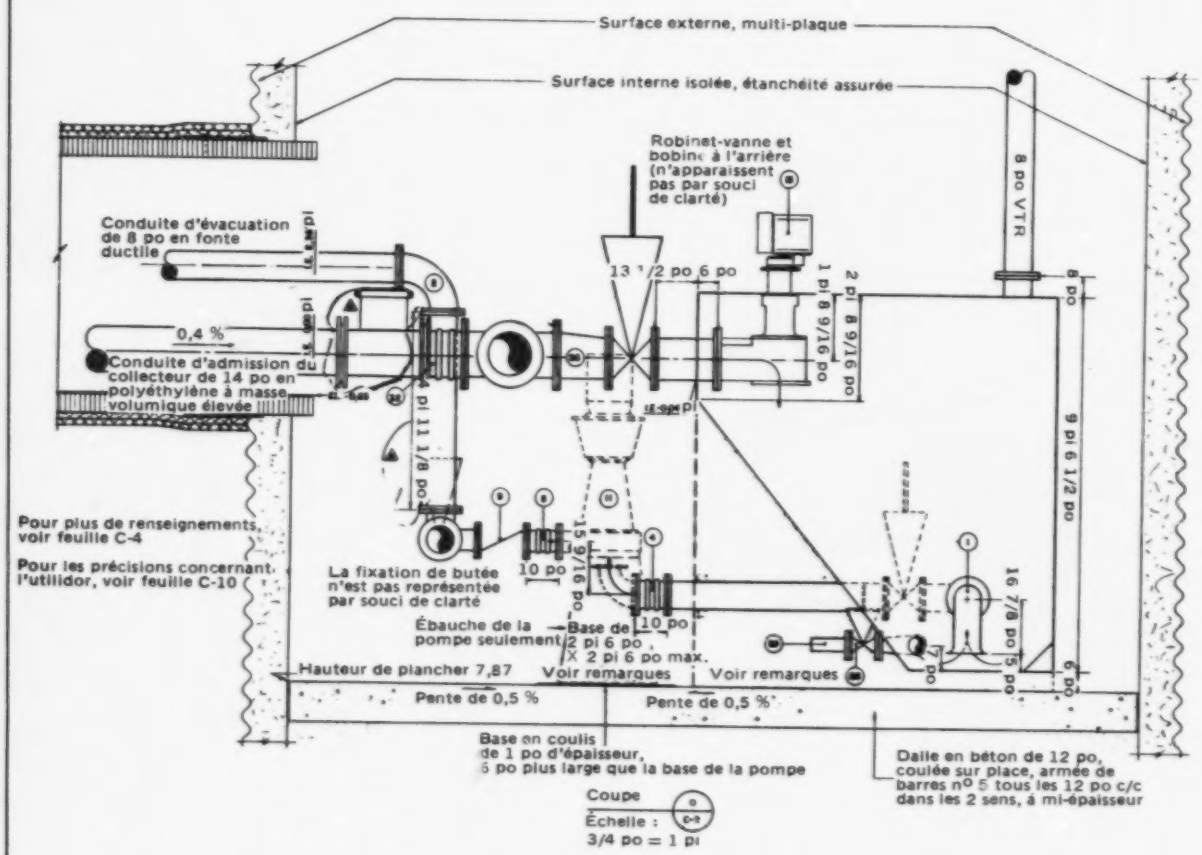
PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

VUE EN PLAN DE LA TUYAUTERIE DE LA STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

Échelle : 3/4 po = 1 pi
Date : 23-7-81
Travail n° 80-81
Dossier n° 0406

Feuille n° IE-3 C-2

PLANCHE 5



REMARQUES

1. Le fabricant doit fournir l'unité du support de base, de la garniture d'aspiration bridée au plancher.
2. Utiliser des attaches en béton Williams S7 Spin Lock (ou des attaches équivalentes approuvées), adaptées à la capacité des pompes.
3. Les dimensions du réservoir indiquées conviennent au contreventement intérieur. Si le contreventement extérieur est utilisé, les dimensions intérieures du réservoir demeurent les mêmes, mais celles des tuyaux d'aspiration et d'arrivée doivent être modifiées pour maintenir les mêmes positions de la pompe et des conduites d'évacuation.
4. Il faut également coordonner le contreventement extérieur et la grille architecturale, etc.
5. Voir feuille C-5 pour l'emplacement du renvoi de plancher.

LISTE DES ARTICLES
STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

ARTICLE	TAILLE	DESCRIPTION	QUANTITÉ
1	8 po	coude en équerre à col évasé, à bride, à grand rayon, par Olympic Foundary, Co., figure 5144	2
2	8 po	coude en équerre, à bride, à grand rayon	3
3	8 po	robinet-vanne à bride	4
4	8 po	joint de dilatation Holz, 300-2FA-433	2
5	8 po X 6 po	tuyau de réduction concentrique	2
6	8 po	coude à bride à 45º	1
7	8 po	té à bride	1
8	6 po	joint de dilatation Holz, 300-2FA-433	2
9	6 po	soupape de retenue à bascule	2
10	6 po	coude en équerre à bride à grand rayon	1
11	6 po	pompe Morris NC	2
13	12 po	broyeur AER-O-FLO, modèle A-12B	3
16		non utilisé	
23		non utilisé	
24	14 po	croix à 4 brides	1
25	14 po	coude en équerre à bride, à grand rayon	2
26	14 po X 12 po	tuyau de réduction excentré à bride	3
27	12 po	robinet-vanne à bride	3
28	4 po	robinet-vanne à bride	2
29	4 po	indicateur de niveau liquide, diaphragme encastré à bride Gould FL/FLE 3000	2
32	14 po	joint de dilatation Holz, 215-2FA-433	1

Rév.	Date	Description	par
6	18-3-82	Dimensions des bobines	TR
5	18-12-81	Révisions diverses par FMAA	J.C.S.
4	29-10-81	Joint de dilatation par FMAA	J.C.S.
3	7-10-81	Coude d'aspiration de la pompe	J.C.S.
2	7-10-81	Feuille, nº de coupe par FMAA	W.B.
1	14-9-81	Révisions diverses par FMAA	W.B.

Conception : WAR
Vérification : W.B.

Frank Moolin & Associates, Inc.

PROJET D'AMÉNAGEMENT DES SERVICES PUBLICS À BARROW — STATIONS DE RELÈVEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

COUPE DE LA TUYAUTERIE DE LA STATION DE RELÈVEMENT DE BROWERVILLE

Échelle : 3/4 po = 1 pi
Date : 23-7-81
Travail nº
Dossier nº

Feuille nº II-3 C-3

pour éliminer les signaux erronés d'anomalie de fonctionnement des pompes. En outre, au cas où l'aménagement de puits secs se révélerait irréalisable, les puisards ont été conçus de manière à ce que des pompes auxiliaires puissent être installées dans la partie supérieure du puisard avec arbre à rallonge, à moins qu'on installe des pompes immergées directement sur les canalisations d'aspiration qui desservent habituellement les pompes des puits secs.

Une fois qu'on eut établi que le système combiné de fosse d'aspiration/puits sec utilisant une pompe Morris à vitesse constante pourrait traiter les débits limites de la station de relèvement de Browerville, les conditions connexes au démarrage du projet et à la période précédant l'aménagement final de Barrow ont été analysées pour la station de relèvement de Browerville.

On a prévu que lors de la mise en marche, la charge maximale en excès serait de 165 gallons par minute, le débit moyen, de 17 gallons par minute et le débit minimal, d'environ 3 gallons par minute. Dès 1984, toute la ville de Barrow sera reliée au réseau d'utilidors. Selon les estimations, la surpression maximale atteindra alors 773 gallons par minute, le débit moyen 142 gallons par minute et le débit minimal 38 gallons par minute. Notons que ces débits sont considérablement inférieurs aux débits limites prévus pour le projet.

L'étape suivante dans le processus du choix de la pompe a consisté à définir les paramètres de calcul requis pour garantir la rentabilité de l'intégration d'une pompe au système. En vue de prévenir le dépôt de matières solides dans l'émissaire, la pompe doit pouvoir traiter approximativement 485 gallons par minute, afin de permettre un écoulement de 3 1/2 pieds à la seconde dans la conduite de refoulement de 8 pouces de diamètre. En outre, la durée de séjour dans le puisard doit être de préférence inférieure à 30 min (elle ne doit pas dépasser 60 min) si on veut éviter la formation de gaz et les eaux usées septiques. En dernier lieu, compte tenu des dépenses occasionnées par le remplacement des pompes, une pompe doit pouvoir durer quatre ou cinq ans.

Si une pompe à régime constant pouvait traiter 1129 gallons par minute de "surdébits", la durée de séjour pendant la mise en marche serait de 6 à 12 heures, tandis que les débits moyens seraient retenus de 1 heure à 2 1/4 heures. En outre, lors de la mise en marche de tout le système en 1984, les écoulements minimum seraient retenus de 1/2 heure à 1 heure, tandis que les écoulements moyens le seraient de 9 à 18 minutes. Les conditions initiales de mise en marche dépassent les limites acceptables pour la durée de séjour. En outre, les durées de séjour pour le système en 1984 ne sont que marginales. On a donc conclu qu'il serait souhaitable d'adopter une plus petite pompe les premières années, en vue d'essayer de réduire au minimum ces problème initiaux de mise en marche.

On a supposé que si la pompe choisie pouvait traiter 773 gallons par minute de "surdébits" prévus pour 1984, le paramètre de calcul pour le remplacement après quatre ou cinq ans serait respecté. Si une pompe à régime constant était installée, la durée de séjour des débits minima en 1984 serait de 20 à 40 minutes, ce qui est légèrement inférieur à la période optimale. Toutefois, les durées de séjour lors de la mise en marche en 1982 dépassent quand même de beaucoup les limites souhaitables. La durée de séjour varie entre 3 1/2 heures et 7 heures dans le cas des débits minima, elle va de 45 minutes à 1 1/2 heure dans le cas des débits moyens.

On a pensé utiliser une pompe encore plus petite. La plus petite pompe étudiée pouvait traiter 485 gallons par minute, la vitesse minimale nécessaire pour remettre en suspension les matières solides déposées dans la conduite de décharge. Cette petite pompe présentait toutefois un inconvénient majeur : il allait falloir la remplacer en moins de deux ou trois ans, puisqu'elle ne pourrait traiter les "surdébits" lors de la mise en marche de tout le système en 1984. Cette dernière observation indiquait que le facteur primordial de la conduite de décharge était la vitesse minimale de remise en suspension des matières solides. Si un tuyau plus petit pouvait être enfilé dans la conduite de 8 pouces, la vitesse

critique de remise en suspension pourrait être obtenue grâce à un débit de pompage moins élevé. Le plus gros tuyau qu'il est possible d'enfiler dans la conduite de 8 pouces est un tuyau de 4 pouces de diamètre. Celui-ci peut traiter un débit maximal de 275 gallons par minute. Si la pompe choisie était d'une capacité conforme à ce débit, la vitesse de remise en suspension et les critères de durée de séjour au cours de la mise en marche en 1982 pourraient être respectés. Le désavantage principal de cette option est que tout le système devra être remplacé en un ou deux ans. Cette solution semble très coûteuse car plus de 5000 pieds de tuyaux de 4 pouces devront être enfilés dans un tuyau de 8 pouces et en moins d'un ou deux ans, il faudra retirer ces mêmes tuyaux sans interrompre le fonctionnement du système.

En résumé, les calculs relatifs aux études de conception semblent indiquer qu'on ne peut choisir une pompe à régime constant pour répondre aux trois critères de conception précédemment exposés. On a donc envisagé d'opter pour une pompe à régime variable. Une pompe à régime variable devra traiter les débits suivants:

1982	Minimum: 3 gal/min	Débit moyen: 17 gal/min	Max.: 165 gal/min
1984	Minimum: 38 gal/min	Débit moyen: 63 gal/min	Max.: 773 gal/min
Stade final	Minimum: 60 gal/min	Débit moyen: 217 gal/min	Max.: 1129 gal/min

Pompes à régime variable. À Browerville, le puisard d'emmagasinement devait avoir un volume nominal de 2258 gallons. Le tuyau de décharge de 8 po devait avoir une vitesse de remise en suspension de 3 1/2 pi/s, produit par le pompage de 485 gal/min dans la conduite. Si l'on suppose que les 485 gal/min représentent le débit minimal, les calculs relatifs à la pompe à régime variable montrent que, pendant la mise en marche en 1981, la durée de séjour serait de 3 à 5 heures pour les débits minima et de 30 à 60 minutes pour les débits moyens. Tous les autres critères de conception seraient satisfaits avec l'emploi de la pompe à régime variable. À l'étape suivante, on a songé à réduire le débit minimum de 485 gal/min à 280 gal/min. On considère que ces 280 gal/min représentent le débit le plus bas qu'une pompe à régime variable puisse atteindre sans que le système de pompage perde son efficacité. Toutefois, même à un débit minimal de 280 gal/min, les calculs montrent que la durée de séjour serait toujours de 1 1/2 heure à 3 heures, tandis qu'elle serait de 33 minutes dans le cas des débits moyens. Il est donc évident que même une pompe à régime variable ne pourrait être une option valable dans toutes les conditions.

On a remarqué, toutefois, que le débit de pompage minimal de 485 gal/min de la pompe à régime variable pouvait répondre à toutes les caractéristiques de conception pour l'ensemble du système en 1984. En fait, il pourrait probablement satisfaire le critère de durée de séjour dès que le débit minimum du système atteindrait approximativement 18 gal/min. C'est pourquoi Robertson & Associates ont recommandé l'achat d'une pompe Morris NC de 6 pouces à régime variable, pouvant traiter 1129 gal/min à 1750 tours/min et 485 gal/min à 780 tours/min; la pompe est actionnée par un système moteur AVTECK. Ce modèle répond aux critères de traitement de tous les débits pendant la durée du projet. Les débits les plus faibles permettront d'atteindre la vitesse nécessaire pour la remise en suspension des matières solides, et la durée de séjour après 1983-1984 sera toujours inférieure à 60 minutes. Au cours de la période de 1982 à 1984, si les odeurs et les eaux septiques posent un problème, un système peu coûteux de barbotage sera installé pour aérer le puisard.

Bien que l'équipe de conception ait exprimé certaines préoccupations au sujet de la complexité du système à régime variable, les pompes à régime variable des stations de relèvement beaucoup plus importantes que celle de Barrow ont fait montre d'une

excellente performance dans d'autres projets de réseaux d'égouts. Le personnel en génie électrique de Frank Moolin & Associates a effectué des recherches sur les dispositifs de commande proposés par la société Morris Pump. On prévoit que grâce à la technologie actuelle des semi-conducteurs, les dispositifs proposés par le fabricant fonctionneront bien et permettront de réaliser des économies d'énergie considérables par rapport à un système commandé par des pompes à régime constant. Ce qui s'explique par le fait qu'un système à régime variable consommera uniquement l'énergie nécessaire pour équilibrer les débits de pompage à l'admission et à la sortie.

Une fois qu'il a été décidé d'utiliser les pompes Morris fonctionnant en courant continu et à régime variable pour le système de Browerville, les deux autres principales stations de relèvement ont été conçues sur le même modèle. Les pompes des différentes stations de relèvement sont identiques en ce qui concerne la plate-forme, le carter des pompes et le système de commande. Les moteurs et les rotors des pompes sont fabriqués sur commande pour chaque station.

CONDITIONS DE CONCEPTION

Comme il a été mentionné à plusieurs reprises dans cet exposé, la principale préoccupation relative à la conception de ce projet a porté sur l'exploitation du système, assurée en majeure partie par la population autochtone de Barrow. L'infrastructure de la station de relèvement a été conçue à l'aide de dispositifs passifs de réfrigération, de manière à éliminer le besoin d'une surveillance constante du pergélisol entourant la station de relèvement. Les appareils de surveillance ont été installés autour de chaque station de relèvement, pour permettre le relevé des températures et observer la présence d'eau libre qui pourrait mettre en danger l'intégrité de la station de relèvement.

Le puisard de la station de relèvement a été conçu de manière à ce que des pompes immergées puissent être installées directement sur la conduite d'aspiration du puits sec, afin de maintenir le système en marche si une urgence se présentait qui gênerait le bon fonctionnement des pompes d'assèchement. En outre, des broyeurs ont été installés en vue de réduire les risques d'obstruction de la pompe. Comme mesure supplémentaire de sécurité, les deux broyeurs sont calibrés pour traiter individuellement le plein débit de la station de relèvement.

Les pompes elles-mêmes sont doubles, et chacune peut répondre aux exigences de plein débit de la station de relèvement. En outre, les pompes ont été conçues pour que les cônes d'aspiration et de décharge du carter de la pompe soient dotés de gros orifices de nettoyage. Les moteurs peuvent également être retirés et remplacés sans qu'on doive enlever toute la pompe. Finalement, les rotors peuvent être retirés à l'intérieur de la station de relèvement, sans qu'on doive enlever le moteur ou le carter de la pompe.

L'intérieur de la station de relèvement a été recouvert d'une membrane imperméable de 0.0020 po; celle-ci est flexible, durable et peut être réparée sur place. Donc, si un accident se produisait, le personnel local pourrait facilement réparer la membrane endommagée.

Pour résumer la théorie de la conception de ce projet, l'objectif du maître d'oeuvre consiste à doter la ville de Barrow de réseaux de distribution d'eau et d'égouts. Il vise encore à réduire au minimum les coûts d'exploitation grâce à l'utilisation judicieuse du capital pendant le processus de la construction. Dans la mesure du possible, les systèmes sont identiques dans les différentes stations, et les systèmes mécaniques sont exempts d'entretien dans la mesure où ils peuvent l'être. Les concepteurs des stations de relèvement de Barrow, Frank Moolin & Associates et Robertson & Associates, considèrent que le système conçu est un moyen rentable de répondre aux exigences du maître d'oeuvre pour l'aménagment d'un réseau d'utilidors souterrains.

Le projet a récemment fait l'objet d'une adjudication et les matériaux pour les premières stations de relèvement ont été livrés sur le chantier de Barrow. L'excavation de la station de relèvement est en cours et on estime que les premières étapes de la construction seront terminées d'ici mai 1982.

ÉTUDE DE CAS
RÉSERVOIR D'EAU POTABLE
À TUKTOYAKTUK, TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Bob Milburn
Section eau et hygiène
Département de l'Administration locale
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

Scott Brown et Al Shevkenek
Ministère des Travaux publics
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Yellowknife (T.N.-O.)

Paul Erickson
Arctic Laboratories Ltd.
Inuvik (T.N.-O.)

Des Clark
EPEC Consulting Western Ltd.
Whitehorse (Yukon)

Niels Jacobsen
Civil Engineering Consultant
Victoria (C.-B.)

Bruce Smith
Thurber Consultants Ltd.
Calgary (Alberta)

INTRODUCTION

Le hameau de Tuktoyaktuk est situé sur les côtes de la mer de Beaufort, à 320 km au nord du cercle Arctique. Le développement de la région de Norman Wells, au sud de Tuktoyaktuk sur le fleuve Mackenzie, a incité l'industrie pétrolière et gazière à accroître ses activités au nord du delta de Mackenzie. Le forage exploratoire a commencé au début des années 1960 dans la région de Tuktoyaktuk et s'est poursuivi jusqu'en 1970, lorsque la compagnie Imperial Oil a découvert du pétrole à Atkinson Point sur la péninsule de Tuktoyaktuk, au nord-est de la localité.

Un accroissement important de la prospection pétrolière et gazière a été observé dans les années 1970: la compagnie Imperial Oil a procédé à des forages à partir d'îles artificielles formées en 1976 par dragage du fond de la mer, et Dome Petroleum a fait de même en 1976, à partir d'installations montées sur des navires.

En dépit de contraintes physiques qui pourraient limiter le rôle que Tuktoyaktuk jouera en tant que collectivité dans la suite du développement arctique, cette agglomération devrait continuer de connaître un taux de croissance normal, s'accompagnant d'une demande accrue d'eau potable et d'installations sanitaires.

Dans le cadre de sa politique sur l'eau et l'hygiène, le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest est responsable de l'aménagement de services publics à Tuktoyaktuk.

Le système actuel d'approvisionnement en eau de Tuktoyaktuk fonctionne comme suit: l'eau provenant de sources d'eaux de surface est livrée à domicile par camion-citerne. En été, l'eau des lacs intérieurs est pompée dans un camion-citerne et en hiver, on consomme l'eau douce du port. Les algues, les insectes, la poussière, le limon et la turbidité de même que la salinité variable posent des problèmes au niveau de la qualité de l'eau. À la suite d'inondations, il arrive parfois que l'eau salée envahisse les sources intérieures. En hiver, la salinité et la turbidité de l'eau du port varient.

Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest propose d'améliorer le système d'approvisionnement en eau en le remplaçant par un système composé essentiellement d'une source d'eau améliorée, d'un système transportable de prise d'eau et de pompage, d'une conduite d'alimentation menant à un réservoir de stockage de l'eau et d'une station de distribution. Les dimensions du réservoir sont telles qu'il peut contenir une quantité d'eau correspondant aux besoins d'une année, et chaque été il doit être rempli à partir de la source d'eau. L'eau sera traitée à la station de distribution du réservoir, et celle-ci servira de point de remplissage permanent pour les camions.

Le présent article cherche à présenter les nombreux facteurs dont on a tenu compte dans le cadre d'un projet de génie municipal très complexe et passionnant. La décision d'acquérir un réservoir, la taille de celui-ci et les emplacements proposés figuraient parmi les principaux points abordés au cours de l'étude préalable à la conception, entreprise avant la construction du réservoir.

Les conditions particulières du sol dans la région ont nécessité une évaluation géotechnique approfondie de l'emplacement proposé pour le réservoir. En raison de la rareté absolue de la terre à Tuktoyaktuk, il a fallu assécher un terrain marécageux enfoncé par l'utilisation de déblais dragués. Par la suite, le réservoir a pu être construit sur ce terrain.

Comme le projet exigeait des volumes de remblai importants, on a recherché quelle était la méthode de remblayage la plus efficace. Une analyse de rentabilité préliminaire effectuée à l'étape d'évaluation du projet a révélé que l'emploi de matériau d'emprunt obtenu par dragage serait économique, compte tenu de la quantité en cause et du coût de la mise en place des petites quantités de remblai superficiel autochtone. Toutes les répercussions environnementales possibles d'un programme de dragage ont été analysées minutieusement.

Le choix d'une forme circulaire a réduit énormément le coût en capital de la construction du réservoir. On savait également que dans les réservoirs circulaires, il y a moins d'eau emmagasinée sous forme de glace.

L'article comporte également une analyse des étapes de la construction du réservoir et des effets du programme de dragage entrepris pour obtenir le remblai nécessaire.

CONSIDÉRATIONS PRÉALABLES À LA CONCEPTION

La présente section résume l'étude entreprise en vue de prendre une décision concernant un système d'approvisionnement en eau qui serait rentable à long terme pour la collectivité de Tuktoyaktuk. Bien que ce document ne traite que du système d'alimentation en eau, l'étude préalable à la conception a abordé également les solutions à long terme pour les eaux d'égout et les déchets solides. Au départ, les responsables de l'étude préalable ont tenu compte du matériel de dragage disponible et ils ont indiqué que l'emplacement du réservoir pouvait être choisi avant qu'on choisisse une source d'approvisionnement. On a estimé que les coûts associés aux différentes options d'approvisionnement étaient relativement indépendants de l'emplacement du réservoir.

Les principales étapes de la méthode suivie au cours de l'étude sont les suivantes:

1. Description de systèmes pratiques d'approvisionnement en eau - un système d'approvisionnement en eau étant un système complet depuis la source d'approvisionnement jusqu'à la livraison au consommateur, sans oublier le traitement.
2. Exécution d'une analyse économique comparative des différents systèmes d'approvisionnement en eau proposés.
3. Après un examen minutieux des différentes options et de leur rentabilité relative, on choisit le système qui sera adopté comme solution à long terme.

Étape 1 - Description de systèmes pratiques d'approvisionnement en eau. Cette étape comprend: l'étude de dossiers en vue de recueillir des données pertinentes; des enquêtes sur le terrain et des sondages préliminaires; un programme d'échantillonnage de l'eau; des discussions avec les représentants du conseil local; des discussions avec les représentants d'organismes gouvernementaux au niveau de l'administration centrale, au niveau régional et au niveau du conseil, y compris les organismes de réglementation; un inventaire des installations de distribution d'eau existantes et la description de systèmes d'approvisionnement en eau en vue d'analyses plus poussées.

Chaque système d'alimentation en eau décrit doit répondre aux exigences minimales en matière de services fixées par le département de l'Administration locale (gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 1977).

Voici les trois principaux concepts de systèmes d'alimentation en eau fondés sur l'emplacement général de la source d'approvisionnement en eau ayant été définis au début de l'étude:

1. Traversée du port (traversée de plan d'eau)
   Sources possibles: lac Pikiolik, Freshwater Creek, lac East et plusieurs autres lacs de la région.
   Options de réseaux de canalisations: enfouissement permanent dans le fond du port; conduites flottantes montées chaque été; conduites submergées de façon permanente ou montées à chaque saison de pompage, et utilisation de chalands pour transporter l'eau à travers le port.
   Quatre configurations de réseau différentes ont été retenues pour examen.
   Au total, cinq systèmes d'approvisionnement en eau ont été décrits et on a effectué une analyse économique pour établir leur coût actuel.

2. Lacs situés au sud (tout l'aménagement en surface)
   Il s'agit du lac Six Mile, du lac West ou du lac New Water, mais aussi de plusieurs autres lacs de la région.
   Au total, dix options d'approvisionnement en eau ont été sélectionnées pour être soumises à une analyse économique, le lac Six Mile ou le lac West constituant la source d'approvisionnement en eau.

3. Port de Tuktoyaktuk (captage direct)
   Le captage de l'eau à l'année - ou l'approvisionnement hivernal se ferait en utilisant l'eau douce sous la glace du fleuve Mackenzie.

Un réservoir de retenue artificiel était nécessaire pour tous les systèmes d'alimentation en eau envisagés.

Étape 2 - Analyse économique des différentes options. Une méthode d'analyse économique est appliquée à toutes les solutions possibles. Le but du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest est de choisir le système d'approvisionnement en eau qui répondra à la demande en eau à long terme, compte tenu du niveau minimal de services défini par la politique.

L'analyse de rentabilité permet de déterminer, selon la valeur actuelle, les coûts de chaque système d'approvisionnement en eau en termes de mise de fonds et de frais d'exploitation et d'entretien, répartis sur une période de 20 ans.

Le principal outil utilisé pour effectuer cette analyse est le programme informatisé d'analyse des systèmes d'eau et d'égout mis au point par la Section eau et hygiène du ministère du gouvernement local (Cameron, 1979).

Parmi les 18 options étudiées, on a retenu seulement les trois systèmes d'approvisionnement en eau indiqués ci-après. Ils peuvent servir à illustrer l'application des valeurs actuelles des systèmes possibles, et montrer l'argumentation utilisée pour en arriver à la décision finale. Notons que les coûts calculés en fonction de la valeur actuelle ne comprennent pas les principaux risques inhérents au cas étudié, en supposant que ces risques se présentent au cours des 20 années de la période de planification. L'analyse des risques a été faite après l'analyse économique, en se fondant sur un taux d'escompte de 8 p. 100.

1. Réservoir d'eau rempli chaque hiver à même l'eau du port de Tuktoyaktuk - valeur actuelle: $4 609 000.
2. Réservoir d'eau rempli à même l'eau du lac East (traversée du port) - valeur actuelle: $6 472 000.
3. Réservoir d'eau rempli à même l'eau du lac West (voie terrestre) - valeur actuelle: $5 747 000.

L'analyse économique fait ressortir les principaux aspects à long terme du système d'approvisionnement en eau:

1. Le transport de l'eau par canalisations de la source jusqu'au réservoir est plus rentable que le transport par camion-citerne de la source au réservoir.
2. Le transport de l'eau par camion-citerne depuis la station de pompage du réservoir est plus rentable qu'un réseau de canalisations.

Étape 3 - Discussion et prise de décision. L'idée de capter l'eau du port de Tuktoyaktuk en hiver a été écartée à cause des problèmes de contamination possible; le port est utilisé surtout dans le cadre de la prospection pétrolière et gazière à Tuktoyaktuk et dans la mer de Beaufort. En raison des risques de pollution que pourrait comporter le drainage superficiel des terrains de l'agglomération dans la région immédiate du port, on a également écarté l'idée d'utiliser le port de Tuktoyaktuk comme principale source d'approvisionnement en eau. Le port a été classifié comme source complémentaire à laquelle on peut recourir, le cas échéant, en prenant les précautions nécessaires.

Lors de l'analyse finale au niveau de l'Administration centrale du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, l'idée d'utiliser la voie terrestre à partir du lac West s'est révélée la plus rentable (à la suite du rejet du port de Tuktoyaktuk): le système comprenait une canalisation d'approvisionnement, un réservoir d'eau avec station de pompage et la livraison de l'eau à domicile par camion-citerne. Cette solution a été préférée aux concepts équivalents impliquant la traversée du port. On s'est décidé après une étude attentive des risques qui pouvaient être associées à chaque option et des effets prévus sur la fiabilité et le coût du service d'alimentation en eau.

Toutes les options impliquant la traversée du port ont été rejetées parce qu'elles se révélaient irréalisables et peu pratiques lorsqu'on considérait les problèmes qui pouvaient surgir, à savoir: risques de congélation de l'eau dans le fond du port à cause de la forte salinité, possibilité de bris des conduites, ressources locales limitées et interférence des activités du port.

CONSIDÉRATIONS GÉOTECHNIQUES

Études souterraines. Six trous exploratoires ont été forés à l'emplacement choisi pour la construction du réservoir. Ces trous avaient une profondeur maximale de 67 m. Ils ont été pratiqués à l'aide d'une tour de forage Texoma ou d'une tour CME 750, et d'une

tarière à tige solide. Des échantillons mélangés ont été recueillis à l'extrémité de la tarière. Partout où il y a eu forage, sur toute la profondeur des trous, on a trouvé du sable ou du sable silteux avec, à l'occasion, des couches de limon. Dans certains trous exploratoires, le sable était recouvert par de la tourbe ou du limon organique dont l'épaisseur pouvait atteindre 2 m.

Le pergélisol s'étendait sur toute la profondeur des trous exploratoires forés dans la zone de terre ou dans les environs. On a relevé la présence de terre dégelée dont l'épaisseur pouvait atteindre 8 m dans 2 des trous exploratoires forés là où l'eau de mer couvre ordinairement l'emplacement.

Dans les 2 premiers mètres de la plupart des trous exploratoires, on a trouvé un excédent de 5 à 10 p. 100 de glace visible. Au-delà de ce niveau, il n'y avait aucun excédent visible de glace. On n'a relevé la trace d'aucune plaque de glace importante dans les trous exploratoires.

Les données sur le sous-sol obtenues à partir des travaux sur le terrain ont révélé que l'emplacement envisagé conviendrait à la construction du réservoir. Aucun problème important ne devait se poser en ce qui concerne les sols de fondation.

Vingt et un trous exploratoires ont également été forés dans le port de Tuktoyaktuk, dans la région située au nord de l'emplacement choisi pour le réservoir; on cherchait une source pour le matériel d'emprunt utilisé pour le dragage. Ces trous ont été forés à des profondeurs variant de 15 à 18 m sous la surface de glace, au moyen d'une tour de forage CME 750 équipée d'une tarière à tige solide. En général, les trous restaient ouverts et des essais de pénétration standard ont été effectués, afin de prélever des échantillons à intervalles donnés. D'après l'évaluation des résultats de ce programme de forage, il y avait dans cette région environ 1,3 million de mètres cubes de sable propre dégelé pouvant être récupérés par la machinerie de dragage disponible.

Revêtement du réservoir. Une étude des propriétés des divers matériaux de revêtement a montré que le polyéthylène chloré ou l'Hypalon ayant une épaisseur de 30 mm serait satisfaisant. Le chlorure de polyvinyle a été éliminé comme matériau de revêtement parce qu'il est difficile à manipuler et à souder convenablement lorsque la température est inférieure à 4 °C environ.

Bien qu'aucune lentille de glace importante n'ait été trouvée sur l'emplacement au cours du programme de forage, on a admis qu'il y avait sans doute des lentilles d'étendue aérienne limitée. On peut s'attendre à un tassement différentiel important du plancher du réservoir dû au dégel du sol après la mise en service du réservoir. On a donc décidé d'opter pour un matériau de revêtement non renforcé; celui-ci possède de meilleures propriétés d'élongation et peut s'adapter au tassement différentiel prévu plus facilement qu'un matériau renforcé.

Inclinaison des parois. L'inclinaison la plus forte recommandée par les fabricants de matériaux de revêtement pour l'intérieur des réservoirs est de 3 (horizontal) à 1 (vertical). Un grand nombre de réservoirs construits selon ces données fonctionnent bien. Si l'inclinaison est plus forte, le matériau de couverture du revêtement peut glisser.

Dans le cas du réservoir d'eau de Tuktoyaktuk, on a décidé que les parois intérieures auraient une inclinaison de 4 (horizontal) à 1 (vertical) et que la pente extérieure aurait une inclinaison de 3 (horizontal) à 1 (vertical). Une inclinaison plus faible des parois intérieures a été recommandée pour les raisons suivantes:

1. Le revêtement non renforcé (nécessaire si on tient compte du tassement différentiel) sera plus stable sur une pente moins accusée.

2. La couverture de sable sera moins vulnérable à l'érosion par les vagues et la glace si l'inclinaison des parois est moins accusée.
3. Seule une compacité limitée des bermes sera possible à cause de la méthode de construction choisie, et on s'attendait de ce fait à ce que la résistance à la compression du sable dans la berme soit un peu plus faible que celle qui existe ordinairement lorsqu'on utilise des méthodes classiques de construction.
4. Le plancher du réservoir sera situé au-dessus du niveau général de la surface avoisinante et les conséquences d'une défectuosité seraient donc plus graves. Il est donc prudent de se donner une marge de sécurité plus élevée en prévision d'une défectuosité de la pente.

Protection du revêtement. Les constructeurs proposent de placer un minimum de 1,0 m de sable dragué sur le revêtement, pour le protéger contre l'action de la glace et l'érosion par les vagues. Une étude de la possibilité d'érosion par les vagues, entreprise par la firme Northwest Hydraulic Consultants Ltd., indique une profondeur d'érosion maximale de 0,3 m dans des conditions de vent nominales. Les effets de l'érosion par les vagues dans un réservoir où le niveau d'eau est variable peuvent cependant s'accumuler (Northwest Hydraulics Consultants Ltd., 1981). Les effets de l'érosion par les vagues et la glace seront surveillés au cours des cinq premières années d'exploitation du réservoir. Si l'érosion est importante, du gravier grossier pourra être placé sur certaines parties des parois intérieures.

Drainage souterrain. Bien que le sable dragué qui forme le réservoir soit relativement perméable, on peut s'attendre à ce que le pergélisol s'accumule dans les parties extérieures du réservoir. Un système de drainage souterrain a donc été prévu pour permettre l'élimination de toute accumulation d'eau sous le revêtement. Ce système empêchera le soulèvement du revêtement lorsque le niveau du réservoir est bas.

Protection contre le débordement. Il se peut que la capacité du réservoir soit dépassée, en particulier au cours du remplissage. Il est donc proposé d'installer plusieurs déversoirs de trop-plein à proximité du sommet du réservoir.

PRÉOCCUPATIONS ENVIRONNEMENTALES

Si les responsables du projet ont décidé d'employer des matériaux dragués pour construire le réservoir, c'est surtout pour des raisons économiques. Les préoccupations d'ordre environnemental que pouvait susciter la construction du réservoir étaient axées entièrement sur les travaux de dragage entrepris.

Pour effectuer une évaluation relative des risques de pollution de l'environnement dans cette région, il était nécessaire d'établir, avec le plus de précision possible, un scénario de "pré-dragage" en fonction des conditions qui prévalaient dans le port de Tuktoyaktuk avant la mise en oeuvre du projet.

Dans ce but, les responsables ont procédé à une étude minutieuse du programme de dragage entrepris en 1979 au voisinage de l'île de Conn dans le port de Tuktoyaktuk, par le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. Thomas et coll. (1981) ont recueilli des données plus précises auxquelles se sont ajoutés d'autres renseignements obtenus à la suite de discussions avec les résidents et des personnes ayant l'expérience d'opérations semblables dans la mer de Beaufort.

Il s'agissait de réduire l'incidence que le programme de dragage pouvait avoir sur le port de Tuktoyaktuk et ses environs, compte tenu de l'emploi de cette méthode très rentable pour placer le remblai.

Les dimensions physiques de la source d'emprunt étaient de 500 m par 200 m. Le dragage a été entrepris à au moins 100 m de l'île de Tuktoyaktuk, et à au moins 200 m de la région continentale de la péninsule de Tuktoyaktuk.

Faute d'une base de données bien documentée sur les conditions existantes dans le port de Tuktoyaktuk, il a été difficile de procéder à une évaluation environnementale objective. Toutefois, en profitant de l'expérience acquise au cours d'un dragage antérieur et en s'appuyant sur les données limitées, les responsables ont conclu que les effets du dragage des matériaux d'emprunt provenant du port de Tuktoyaktuk seraient localisés et de courte durée. Aucun effet à long terme important n'était prévu. Nous étudierons ci-après les répercussions prévues et leur importance relative:

Turbidité. Pendant la débâcle en juin, on s'attendait à ce que l'eau du port soit affectée par l'arrivée d'eau turbide en provenance du Mackenzie par l'embouchure du port. Bien que les variations de la marée dans la région adjacente à la localité soient relativement petites, des montées de niveau dues au vent pouvant atteindre 2 mètres ont été observées. Ces ondes de tempête historiques ont tendance à augmenter la turbidité des eaux dans le port. On s'attendait à ce que le programme de dragage proposé provoque des augmentations localisées de la turbidité et des matières solides en suspension (Thurber, 1979).

Température et salinité. Une certaine modification localisée des profils de température et de salinité devait se produire à la suite du dragage. Cet effet devait être de courte durée. La profondeur de l'eau au niveau de la source d'emprunt variait de 2,7 m à 9 m, la profondeur moyenne étant d'environ 4 m. La colonne d'eau dans cette région peut être très stratifiée. Toutefois, on prévoyait une modification des profils de température et de salinité semblable à celle induite par des ondes de tempête et également de courte durée.

Transport et dépôt des sédiments. Le réservoir et le lieu de stockage sont situés sur un terrain d'environ 500 m x 300 m. Il était prévu que cette zone de réserve contiendrait les produits de dragage.

Comme les matériaux de dragage sont refoulés vers l'extrémité la plus au sud de la zone de réserve établie, le transport des sédiments sur toute la région devrait être minime.

Une certaine augmentation des dépôts de limon et d'argile fin obtenus par dragage était prévue. Comme les particules de la source d'emprunt remises en suspension ne diffèrent pas beaucoup de celles des régions adjacentes, ce type de transport et de dépôt n'a pas été considéré comme un sujet de préoccupation.

Modification de la bathymétrie locale. L'équipement de dragage utilisé appartient à Zanen Verstoep n.v. de La Haye en Hollande, qui a passé un contrat avec la compagnie Dome Petroleum Ltd. L'Aquarius est un dragueur océanique automoteur à drague aspiratrice d'une capacité de 17 500 hp. La puissance sur la lame est de 3000 hp. Ce dragueur peut procéder à l'excavation de sable propre jusqu'à 20 mètres au-dessous du niveau de l'eau.

Le dragage a été entrepris dans toute la zone délimitée par la source d'emprunt.

Effets chimiques possibles

Mobilisation des contaminants. "À l'exception du mercure, les concentrations de métaux lourds totaux dans les sédiments superficiels du port de Tuktoyaktuk sont conformes aux valeurs limites représentatives de la moyenne des sédiments non contaminés des régions côtières. Bien que les concentrations de mercure dépassent la limite supérieure fixée en général pour les sédiments côtiers non contaminés, et malgré qu'il s'agisse des valeurs les plus élevées signalées jusqu'à maintenant pour la mer de Beaufort, les concentrations de mercure de 321 ng/g relevées en juillet et de 348 ng/g relevées en septembre dans les sédiments du poste 4 (à environ 200 mètres au sud-ouest de l'île de Fort Hearne), sont encore bien inférieures à la limite fixée par la Loi sur l'immersion des déchets en mer, à savoir 750 ng de mercure par gramme de déchets solides. La teneur en mercure de tous les autres sédiments était comparable aux valeurs des sédiments non contaminés. Les concentrations de métaux étaient proportionnelles à la dimension des grains des sédiments. Les concentrations les plus élevées de métaux ont été relevées dans des échantillons à teneur élevée en limon, alors que les concentrations les plus faibles se trouvaient dans des échantillons à teneur relativement faible en limon" (Thomas et coll., 1981).

L'effet potentiel de la mobilisation de métaux à l'état de trace est difficile à évaluer. Toutefois, compte tenu des faibles concentrations de métaux dans les sédiments et des volumes d'eau en cause, les chercheurs ont estimé qu'il était fort peu probable que des sédiments remis en suspension libèrent une quantité importante de métaux polluants.

Oxygène dissous. La teneur en oxygène des eaux superficielles du port de Tuktoyaktuk se situe en général près du point de saturation pendant les périodes où ces eaux ne sont pas gelées. Ce niveau de saturation diminue avec la profondeur. On a estimé que toute diminution de la teneur en oxygène dissous aurait un effet de courte durée et qu'elle serait très localisée. Le dragage d'un trou profond à pente très escarpée pouvait créer une zone d'anoxie. Cette possibilité a été minimisée par le dragage uniforme de toute la source d'emprunt.

Effets biologiques potentiels

Dangers menaçant les poissons. Suite aux discussions avec le personnel de Pêches et Océans Canada avant le forage exploratoire en vue de localiser une source d'emprunt optimale, on a décidé de procéder à une exploration de la zone située à l'extérieur de l'entrée ouest du port de Tuktoyaktuk. La source d'emprunt proposée a été jugée comme étant un habitat moins critique pour les poissons (Wong, 1981).

Il semble que toutes les parties s'accordent pour dire qu'il existe un certain degré d'entraînement direct des poissons; toutefois, nous possédons peu de données pour évaluer le taux de mortalité.

Modifications des comportements migratoires. Une certaine modification des habitudes migratoires et une perte de l'habitat étaient prévues; toutefois, on prévoyait que cet effet serait de courte durée.

Effets sur les populations benthiques. Selon les données d'une expérience antérieure, presque tous les organismes qui constituent la communauté benthique de la source d'emprunt seront détruits. La repopulation de la zone perturbée devrait s'effectuer rapidement.

Effets sur la chaîne alimentaire. Comme la région à draguer était relativement petite par rapport aux limites globales de la baie protégée du port de Tuktoyaktuk, on estime que l'effet immédiat sur la chaîne alimentaire et les effets subséquents sur les animaux marins, les populations de poissons et les oiseaux marins seront minimes.

EFFETS DE DRAGAGE

Introduction. L'obtention des matériaux de remblai requis par dragage de sources sous-marines constituait un élément important du projet de construction du réservoir.

Ainsi qu'il a été mentionné précédemment, les responsables ont estimé que les principaux effets du programme de dragage sur l'environnement seraient des concentrations élevées de particules en suspension à certains endroits, et une diminution possible de la concentration d'oxygène dans le port. Au nom du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Arctic Laboratories Ltd. a mesuré les teneurs en oxygène dissous et les concentrations de particules en suspension dans les parties du port de Tuktoyaktuk adjacentes aux zones de dragage, pour obtenir une indication de l'effet de cette activité sur ces paramètres (Erickson et Pett, 1981).

Méthodes. L'étude portait uniquement sur la partie du port de Tuktoyaktuk qui va de l'entrée ouest au chenal principal à l'intérieur de l'entrée est, jusqu'à l'est des îles de Fort Ross. Cette région comprend de nombreuses dépressions pouvant dépasser les 10 mètres. Plusieurs seuils dont l'élévation est comprise entre 5 et 7 mètres séparent les dépressions les unes des autres et de la partie principale du port de Tuktoyaktuk. La hauteur limite du seuil, dans l'entrée ouest et l'entrée est, est inférieure à 2 mètres et à 6 mètres, respectivement.

Il était important d'établir la valeur des concentrations naturelles ou normales de particules en suspension et d'oxygène dissous. Les responsables du projet avaient donc prévu de prélever des échantillons juste avant le début du dragage, aux endroits qui avaient été jugés suffisamment éloignés du point de dragage pour ne pas être affectés. Toutefois, parce que l'échantillonnage n'a pas pu être effectué avant le début des travaux à cause de la présence des glaces, la détermination des concentrations de fond a été effectuée au cours d'un arrêt de 50 heures des opérations de dragage, deux jours après la fin des travaux (43 000 m^3 de matériaux dragués). Un échantillonnage supplémentaire a été effectué pour déterminer 1) les conditions pendant le dragage, 2) les conditions immédiatement avant la fin du dragage et 3) les conditions après le dragage.

Au total, 13 postes ont été échantillonnés (figure 1). Les postes ont été choisis de façon à correspondre aux principales dépressions bathymétriques. Des postes supplémentaires ont fait l'objet d'un échantillonnage au voisinage immédiat de la source de matériau de remblai lors de chaque période d'échantillonnage, à cause des variations de la couverture de glace et de la position du dragueur et des navires circulant dans la région. Les mesures de chaque période d'échantillonnage ont été effectuées au cours d'un cycle de marée de douze heures. (Les échantillons prélevés immédiatement avant la fin du dragage couvraient une période de six heures seulement avec une marée descendante.) De plus, des mesures de série chronologique comprenant cinq échantillonnages consécutifs à l'intérieur

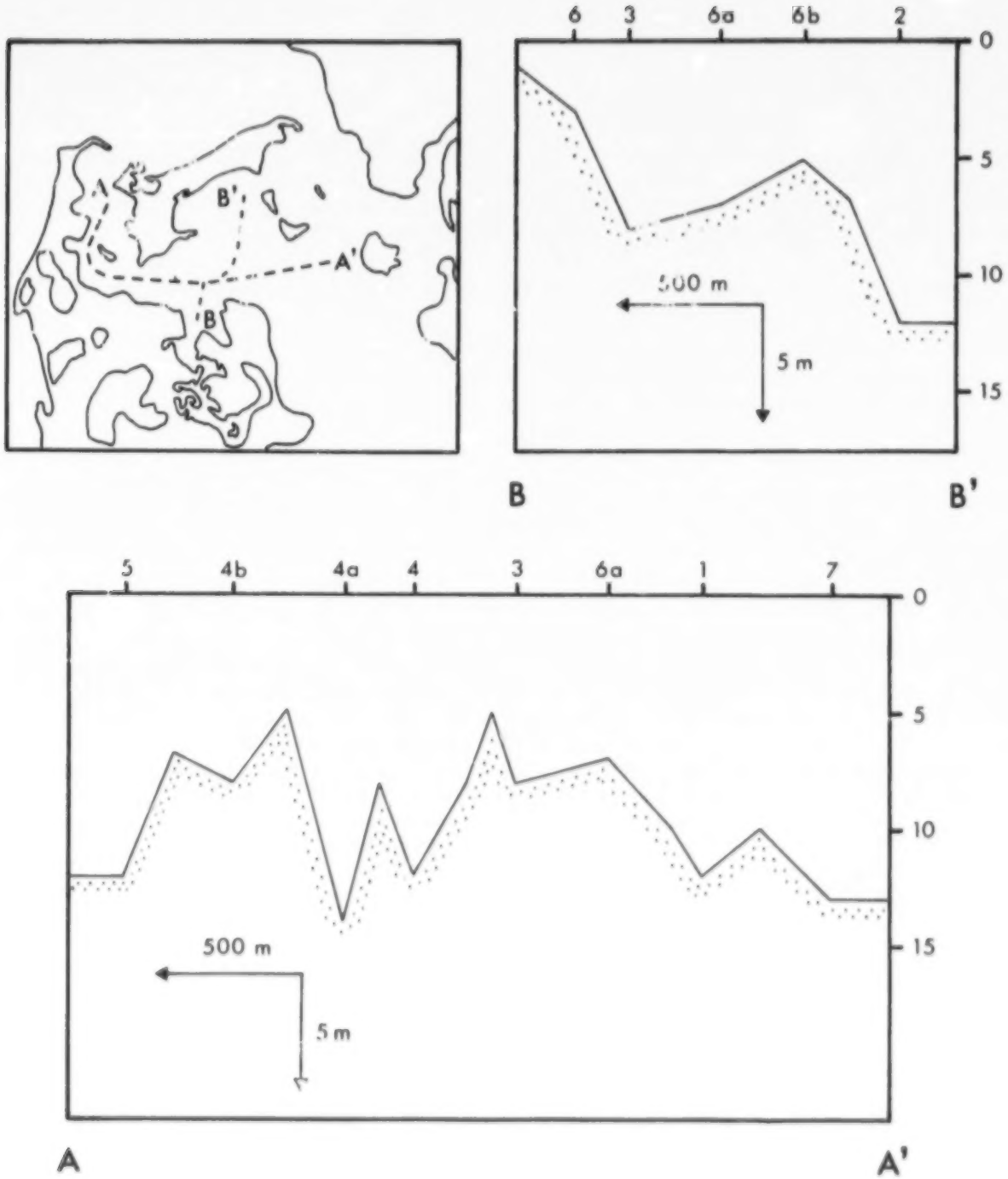


FIGURE 1 PROFILS BATHYMÉTRIQUES DES PRINCIPAUX CHENAUX DANS LA RÉGION À L'ÉTUDE

d'une période de douze heures ont été effectuées au poste 1 pendant l'échantillonnage de base et aux postes 1, 3a, 6 et 7 pendant la période d'échantillonnage qui a suivi la fin du dragage, ce qui devait fournir des indications plus détaillées sur la variabilité temporelle à court terme des propriétés de l'eau.

Résultats. Une halocline marquée a caractérisé la zone à l'étude tout au long de la période d'échantillonnage, ce qui a donné lieu à un système à double couche de propriétés de l'eau. La couche superficielle était composée essentiellement d'eau douce qui s'est réchauffée au cours de l'étude: elle est passée de 2 °C environ juste après la débâcle, à 10 °C à la fin de la période de dragage. L'épaisseur de la couche superficielle, de 5 à 6 m au début du dragage, est passée à presque 8 m vers la fin des travaux. La salinité maximale de l'eau souterraine, qui était de 24 500 ppm environ lors de l'échantillonnage de base, a diminué légèrement pour atteindre 24 000 ppm à la fin de la période d'étude.

Les teneurs en oxygène dissous dans la couche superficielle ont augmenté légèrement: le taux de saturation est passé de 90 p. 100 environ juste après la débâcle à 95 ou 100 p. 100 pour le reste de la période d'échantillonnage. À chaque période d'échantillonnage, on a observé des concentrations d'oxygène très faibles (moins de 15 p. 100 de saturation) dans toutes les dépressions très profondes. De faibles concentrations d'oxygène (moins de 15 p. 100 de saturation) ont également été enregistrées dans certaines localités. Ces concentrations étaient beaucoup plus basses que celles signalées pour des échantillons prélevés en profondeur dans la même région, le 10 juillet de l'été précédent (Thomas et coll., 1981). Les concentrations d'oxygène plus faibles relevées dans le cadre de cette étude ne semblaient pas résulter du dragage, puisque des concentrations très faibles ont également été observées dans les postes d'échantillonnage de base de même que pendant la période d'échantillonnage initiale. La diminution des teneurs en oxygène par rapport à celles de l'été précédent pourrait résulter principalement d'une stagnation accrue des eaux du fond par suite de l'augmentation de la profondeur de l'halocline.

Le dragage a entraîné une élévation des teneurs en particules dissoutes (figure 2). La présence d'un panache de turbidité caractérisée par de fortes teneurs en particules dissoutes a été observée pendant le programme de dragage dans la région comprise entre le point de déblai et la baie qui conduit à l'emplacement du remblai sur le côté opposé du chenal. Selon les renseignements recueillis, à marée descendante, le panache s'est étendu latéralement juste au-dessus de l'halocline vers l'entrée est et les principales parties du port, tandis qu'à marée montante il s'est dirigé vers l'ouest. L'étendue latérale maximale du panache pour les périodes d'échantillonnage, telle qu'elle a été estimée à partir de courbes longitudinales des concentrations de particules dissoutes, était de 500 m environ.

Rien n'indique que les particules en suspension associées au dragage se dispersaient au nord-est dans la région située à l'ouest des îles de Fort Ross, ou dans les principales parties du port de Tuktoyaktuk. Les teneurs maximales en particules en suspension enregistrées dépassaient 300 mg/l. L'effet du dragage sur les concentrations de particules en suspension dans la couche superficielle était masqué jusqu'à un certain point par la concentration déjà élevée de particules en suspension dans l'eau de surface. Aux postes d'échantillonnage de base, les concentrations de particules en suspension étaient comprises entre 40 et 80 mg/l, mais elles pouvaient atteindre 130 mg/l à l'intérieur des entrées ouest et est du port. L'halocline marquée observée à tous les endroits touchés par le programme de dragage semblait gêner sérieusement le mélange vers le bas des particules en suspension dans l'eau souterraine. Toutefois, à la station 4, dans une dépression située juste à l'ouest de la région draguée, on a enregistré une concentration de particules en suspension très élevée (350 mg/l) près du fond de l'eau, accompagnée d'une transmission nulle de la lumière (0 p. 100) au-dessous de l'halocline. C'était à marée montante, pendant

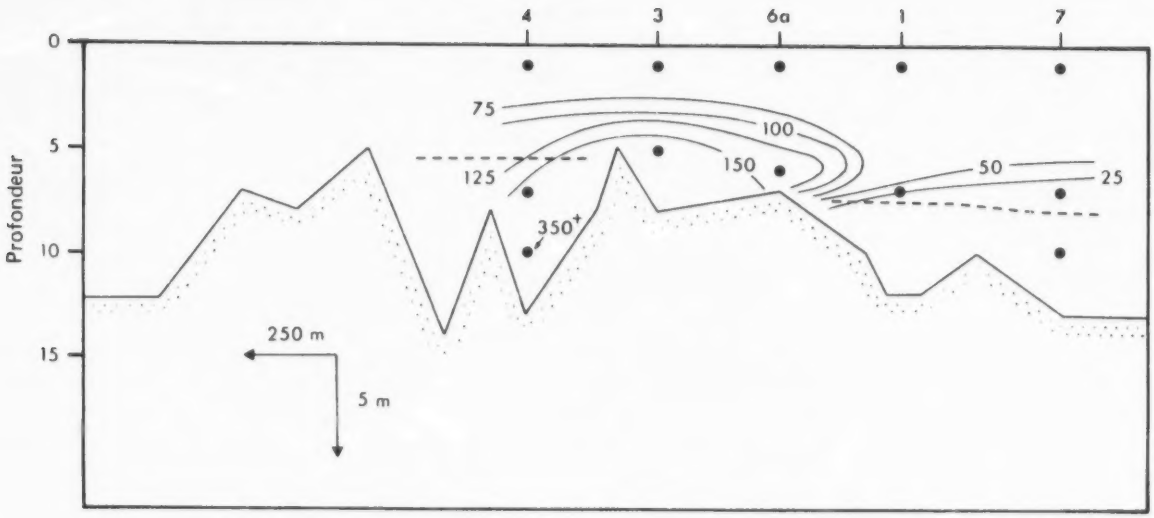


FIGURE 2 RÉPARTITION DES PARTICULES EN SUSPENSION (mg/l) LE LONG DE LA SECTION A-A' À MARÉE MONTANTE, PENDANT LA DEUXIÈME PÉRIODE D'ÉCHANTILLONNAGE. (La ligne pointillée indique la profondeur approximative de l'halocline.)

la deuxième période d'échantillonnage. La pénétration de l'halocline par de grandes quantités de particules en suspension n'était pas accompagnée d'un mélange important d'eau de surface et d'eau souterraine, et résultait probablement d'une turbulence induite par la marée à travers le seuil situé juste à l'est de la station 4.

Les échantillons prélevés après les travaux de dragage ont montré que l'excédent de particules en suspension produit par dragage diminuait rapidement une fois cette opération terminée. Dans la ballastière, les teneurs en particules en suspension dans l'eau près du fond sont passées de 170 mg/l juste avant la fin du dragage, à moins de 30 mg/l dix heures plus tard. La concentration de particules en suspension mesurée à toutes les profondeurs dans la ballastière lors de la période d'échantillonnage suivant le dragage, correspondait ou était légèrement inférieure aux concentrations de particules en suspension relevées ailleurs dans une eau de salinité comparable.

CONSIDÉRATIONS EN MATIÈRE DE CONCEPTION

Les dimensions du réservoir ont été établies pour répondre à une demande annuelle en eau potable de 90 000 m^3: cette demande a été établie d'après le nombre d'habitants et le volume de consommation d'eau prévus à l'intérieur d'une période de planification de 20 ans. Au stade de la conception du réservoir, voici les éléments clés qui ont été considérés.

Volume du réservoir. Deux facteurs ont été considérés avant d'établir les exigences relatives au volume du réservoir actuel: 1) l'eau emmagasinée sous forme de glace n'est pas disponible avant le printemps, ce qui aurait tendance à accroître les exigences en matière de stockage actif et 2) la période de remplissage est de 1 à 2 mois chaque été, ce qui aurait tendance à réduire le volume requis à moins d'une année de stockage. En établissant la courbe du volume d'eau utilisable dans le réservoir en fonction du temps pour une période d'un an, il semblait qu'en maintenant une capacité totale de stockage disponible de 90 000 m^3 (glace et eau), il y aurait suffisamment d'eau jusqu'à la fonte de la glace à la fin mai, après quoi l'eau stockée sous forme de glace (environ 33 000 m^3) devient disponible. Par conséquent, on a jugé qu'un réservoir de 90 000 m^3 convenait aux fins de la conception.

Profil de l'installation. Deux facteurs importants régissent la hauteur de la berme et par conséquent le profil général de l'installation. Premièrement, les dimensions du réservoir doivent être telles qu'elles limitent le volume d'eau stockée sous forme de glace pendant la période où l'épaisseur de celle-ci est maximale. D'après les considérations précédentes, les concepteurs ont établi que le volume maximal d'eau entreposée sous forme de glace ne devrait pas dépasser 33 000 m^3 environ. Plus la berme est élevée, plus le volume qui peut être stocké sous forme de glace est petit. Le deuxième facteur était le coût de la construction. Des courbes ont été tracées pour mettre en rapport le stockage de la glace (d'une épaisseur maximale de 2,1 m) et les coûts de la construction. À l'aide de cette méthode la conception a été optimalisée et la hauteur de la berme a été fixée à environ 8 m.

La pente extérieure du réservoir a été établie à 3:1, ce qui laisse une bonne marge de sécurité contre l'instabilité de la pente de sable fin dragué.

L'inclinaison des parois intérieures était moins accentuée, à 4:1, pour les raisons suivantes:

- diminuer le risque de défectuosité de la tuyauterie advenant une fuite au niveau du revêtement;
- réduire le risque de glissement vers le bas lorsqu'on utilise un revêtement non renforcé;
- réduire le risque d'érosion de la couverture de sable de 1 m sur le revêtement, suite à l'érosion par les vagues;
- laisser une marge de sécurité suffisante pour pallier à l'instabilité de la pente.

La surface supérieure de la berme et la route jouxtant le réservoir avaient une largeur de 4 m pour permettre la circulation des véhicules.

Forme du réservoir. On a comparé des modèles de réservoirs carré et circulaire. On a estimé qu'on pourrait économiser environ $320 000 en optant pour un réservoir de forme circulaire, plus efficace qu'un modèle carré pour l'entreposage de l'eau. Les principaux avantages d'un réservoir circulaire sont les suivants:

- 11 p. 100 de moins de cale de support
- 19 p. 100 de moins de volume de berme (la berme a 0,3 m de moins dans le cas d'une forme circulaire, à volume égal de stockage)
- 20 p. 100 de moins de périmètre de clôture
- 5 p. 100 de moins de surface de revêtement
- 13 p. 100 de moins de couverture de sable pour le revêtement.

Voici les autres facteurs qui ont joué en faveur de la forme circulaire:

- Les effets de l'érosion par les vagues de la couverture de sable qui se trouve sur le revêtement seront moindres. Dans un réservoir carré, les effets de l'érosion seraient plus prononcés dans les coins à cause d'une distance diagonale plus grande.
- En général les véhicules pourront circuler plus facilement sur une surface supérieure circulaire (c'est-à-dire sans coins).
- Un réservoir circulaire qui se marierait à la côte, aux lacs et aux pingos serait esthétiquement plus acceptable dans la région de Tuktoyaktuk.

Revêtement du réservoir. Il fallait utiliser un revêtement imperméable pour le réservoir, afin d'empêcher les fuites à travers le sable. On s'attend à des tassements différentiels du plancher du réservoir et des bermes à cause de la présence de lentilles de glace réparties ici et là dans la région. Un revêtement d'hypalon ou de polyéthylène chloré non renforcé de 0.0030 po a été choisi à cause de sa force et de ses propriétés d'allongement.

Système de drainage souterrain du réservoir. Un système de drainage souterrain a été jugé nécessaire pour empêcher l'accumulation de pression d'eau sous le réservoir, due au dégel ou à d'autres causes (fuites du revêtement, précipitations). Le système comprend un réseau maillé de tuyaux collecteurs de 150 mm de diamètre (en polyéthylène perforé), enfouis sous le revêtement. Deux drains gravitaires (de 200 mm de diamètre, chauffés, isolés, en polyéthylène), ont été conçus pour transporter l'eau du système de drainage souterrain vers la périphérie du réservoir. À chaque sortie de drain on a prévu un regard de visite comprenant un robinet branché sur la conduite, une branche d'accès aux drains gravitaires et les commandes du système de chauffage.

Élévation de la base du réservoir. En prévision de tempêtes occasionnelles entraînant des niveaux de crue élevés, il a été décidé que la base du réservoir serait établie à proximité de la hauteur maximale d'une crue susceptible de survenir une fois tous les 50 ans; on élimine ainsi les risques d'inondation du drain et des commandes du système de chauffage. La base du réservoir se trouve donc à environ 4 m au-dessus du niveau de la mer.

OBSERVATIONS EN MATIÈRE DE CONSTRUCTION

Préparation des matériaux dragués. Le dragage s'est effectué sans incident. Le remblai se composait de sable à fine granulométrie comprenant un volume minimal de limon et d'argile.

Après le dragage et avant la construction du réservoir, les matériaux dragués à l'emplacement du réservoir ont été préparés pour la construction du réservoir. Lors du dragage pour les activités de remplissage, on a observé que des vibrations transmises aux matériaux entraîneraient un "phénomène de renard superficiel" par l'intermédiaire du sol et libéreraient des pressions hydrostatiques, ou du moins mettraient en marche le processus.

Pour gagner du temps en accélérant la consolidation naturelle du matériau dans le but d'assurer une surface d'appui adéquate à la machinerie d'excavation qui sera utilisée pour la construction du réservoir, on a fait circuler la machinerie sur le remblai pendant cinq jours en vue d'accélérer le processus de consolidation et de favoriser l'écoulement de l'eau souterraine.

À cause de la forme circulaire du réservoir, il a fallu entreprendre un programme de sondage détaillé correspondant à des points connus sur des emplacements environnants plus élevés. Une méthode de surveillance par quadrillage a déjà été utilisée pour obtenir une évaluation très précise du remblai dragué placé à l'emplacement du réservoir.

Puisque la méthode idéale de surveillance de la construction serait un système radial partant du point central du réservoir, le quadrillage établi lors du dragage a été converti en un système radial à mesure que les opérations de dragage se poursuivaient, pour que tous les autres travaux de surveillance et de construction soient compatibles.

Construction. En utilisant des poteaux horizontaux pour le plancher du réservoir, l'entrepreneur a choisi de creuser le plancher du réservoir immédiatement, et d'utiliser l'excavation comme berme pour les secteurs nord-est et sud-est.

Moins de trois ou quatre heures après le début du creusage pour le plancher du réservoir, les pelles mécaniques Terrex ne pouvaient être chargées automatiquement à plus de 30 p. 100 de leur capacité. Il était donc évident qu'il fallait creuser une rigole d'assèchement pour éliminer les pressions interstitielles élevées dans le matériau avoisinant et sous-jacent.

Une fois la rigole creusée, on a tenté pour la seconde fois de creuser le plancher de l'enceinte au moyen de bennes râcleuses. Chaque benne râcleuse pouvait se charger automatiquement à environ 80 p. 100 du volume indiqué pour l'engin. Si les engins étaient chargés par des dozers, les vibrations transmises par les véhicules à chenilles pomperaient l'eau à la surface. Bien que la benne puisse être chargée beaucoup plus lourdement en moins de temps, le pompage du sable dragué a rendu le transport sans aide par les bennes râcleuses après le chargement très lent ou même impossible, avec un temps de cycle très long.

L'inclinaison des pentes intérieures du réservoir était de 4:1, celle des pentes extérieures de 3:1. À la fin des travaux de construction, le réservoir comportait de façon délibérée des "rangées de vent" sur les pentes intérieures et extérieures afin de réduire l'érosion par le vent et le ruissellement.

ÉTAPES FUTURES

Le réservoir d'eau sera presque terminé d'ici la fin de la saison de construction de 1982. Le revêtement Hypalon/polyéthylène chloré sera installé et recouvert d'une couche de sable fin. Une station pour le remplissage des camions sera construite à l'emplacement du réservoir, qui sera entièrement clôturé par des chaînes. Des mesures de lutte contre l'érosion seront appliquées afin d'atténuer l'érosion éolienne du sable fin des pentes des parois, et pour réduire les effets éventuellement nuisibles de l'érosion par les vagues sur les pentes supérieures du réservoir.

La construction du pipeline d'approvisionnement jusqu'à la source d'approvisionnement en eau et à la station de pompage éloignée a été reportée jusqu'en 1983.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cameron, J. (1979), "Northwest Territories Water & Sanitation Systems Analysis Computer Program Volume I - A Cost Effective Approach, Volume II-A Programming Methodology", rédigé pour la Section eau et hygiène du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, nov. 1979.

EPEC Consulting Western Ltd. (1980), "Predesign Report - Tuktoyaktuk Domestic Water Reservoir", oct. 1980.

EPEC Consulting Western Ltd. (1981), "Tuktoyaktuk Potable Water Reservoir - Contract Drawings and Specifications", fév. 1981.

EPEC Consulting Western Ltd. (1981), "Predesign Report on Hamlet of Tuktoyaktuk Water Supply System & Proposed Sewage Disposal Facility", nov. 1981.

Erikson & Pett, Arctic Laboratories Ltd. (1981), "Concentration of Suspended Particulate Material & Dissolved Oxygen in Tuktoyaktuk Harbour Near Dredging Conducted by the Government of the Northwest Territories June 18-July 6, 1981", rédigé pour la Section eau et hygiène du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, nov. 1981.

Section eau et hygiène du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (1977), General Terms of Reference for an Engineering Predesign Report on Community Water & Sanitation Systems, août 1977.

Milburn, R. (1981), "Tuktoyaktuk Potable Water Reservoir Dredging Component", Submission to Arctic Waters Advisory Committee, avril 1981.

Northwest Hydraulics Ltd. (1981), Letter Report - Tuktoyaktuk Water Reservoir Wave Erosion Study, rédigé pour Thurber Consultants Ltd., fév. 1981.

M. M. Dillon Ltd. (1981), "Water Supply, Sewage & Solid Waste Disposal Study, Tuktoyaktuk, N.W.T.", déc. 1981.

Thomas et coll., Arctic Laboratories Ltd. (1981), "An Oceanographic Study of Tuktoyaktuk Harbour, Northwest Territories - 1980", rédigé pour Dome Petroleum Ltd., janv. 1981.

Thurber Consultants Ltd. (1979), "Construction Observations Dredged Landfill - Tuktoyaktuk, N.W.T.", rédigé pour le ministère des Travaux publics du gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, nov. 1979.

Thurber Consultants Ltd. (1981), "Tuktoyaktuk Water Reservoir Geotechnical Report No. 1 Borrow Source and Site Investigations", rédigé pour EPEC Consulting Western Ltd., mars 1981.

Wong, B. (1981), Pêches et Océans Canada, communication personnelle.